

**MODELACIÓN DEL FLUJO FINANCIERO EN CADENAS DE SUMINISTRO:  
MODELO DE SIMULACIÓN DINÁMICA BASADO EN UN CASO DE  
ESTUDIO**

**Jose David Ferro Correa**

**Director: René Amaya Mier, Ph.D.**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DEL NORTE  
BARRANQUILLA**

**2014**

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	1
Capítulo 1. Generalidades .....	3
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Formulación del problema .....	5
1.3 Objetivos .....	7
1.3.1 Objetivo general .....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Justificación .....	8
1.5 Metodología de la investigación .....	9
1.6 Cronograma de actividades del proyecto .....	12
1.7 Alcances y limitaciones .....	13
Capítulo 2. Marco de referencia .....	14
2.1. Marco teórico .....	14
2.2. Marco conceptual.....	33
2.3. Estado del arte.....	34
Capítulo 3. Modelación. ....	39
3.1 Problema de simulación.....	39
3.2 Variables .....	39
3.3 hipótesis dinámica.....	39
3.3.1 Diagrama Causal: Hipótesis Dinámica .....	40
3.3.2 Transición de la Hipótesis Dinámica al modelo matemático de simulación..	40
3.3.3 Diagrama de flujos y niveles .....	42
3.3.4 Modelo genérico de inventarios .....	44
3.4.5 Modelo genérico de “Flujo de caja” .....	46
3.3.6 Modelo de Cash to Cash.....	49
3.3.7 Modelo de Ventas.....	49
3.3.8 Modelo de compra de materias primas: Cuentas por pagar .....	50
3.3.9 Modelo de “Flujo de caja” .....	51
3.3.10 Modelo de impuestos.....	52

3.3.11 .....	52
3.3.12 Modelo de créditos bancarios .....	53
3.4 Caso de estudio .....	54
3.4.1 Generalidades del caso de estudio .....	55
3.4.2 Descripción proceso de producción empresa manufacturera .....	57
3.4.3 Descripción proceso de producción empresa distribuidora.....	67
3.4.4 Modelo de Inventario del caso de estudio, empresa distribuidora. ....	70
3.4.5 Modelo de flujo de caja del caso de estudio, empresa distribuidora.....	84
3.4.6 Modelo de Inventario del caso de estudio, empresa manufacturera.....	99
3.4.7 Modelo de flujo de caja del caso de estudio, empresa manufacturera .....	114
Capítulo 4. Verificación y Calibración Dinámica. ....	126
4.1 Pruebas extremas .....	130
4.1.1 Prueba extrema 1 .....	130
4.1.2 Prueba extrema 2 .....	130
4.1.3 Prueba extrema 3 .....	131
4.2 Calibración dinámica del modelo de flujo de caja, empresa distribuidora y manufacturera .....	132
4.2.1 Resultados de la calibración del modelo de flujo de caja de la empresa distribuidora. ....	132
4.2.2 Resultados de la calibración del modelo de flujo de caja de la empresa manufacturera. ....	145
4.3 Análisis de sensibilidad y optimización: .....	159
4.3.1 Análisis de sensibilidad .....	159
4.3.2 Optimización de C2C cadena de suministro .....	162
4.3.3 Graficas Optimizaciones de variables financieras .....	164
4.3.4 Análisis e interpretación de los resultados .....	167
CONCLUSIONES Y CONTRIBUCIONES .....	181
BIBLIOGRAFÍA .....	186
ANEXOS .....	188

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. CICLOS VIRTUOSOS Y VICIOSOS IN ISCM. ....	10
FIGURA 2. MODELO GENÉRICO PARA EL MANEJO DE INVENTARIO. ....	11
FIGURA 3. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO .....	12
FIGURA 4. DIAGRAMA EXPLICACIÓN MODELO DE INVENTARIOS. ....	22
FIGURA 6. DIAGRAMA CAUSAL EXPLICACIÓN MODELO DE INVENTARIOS. ....	25
FIGURA 7. MODELO CAUSAL.....	29
FIGURA 8. MODELO PREDICCIÓN DE LA DEMANDA.....	30
FIGURA 9. MODELO CUENTAS POR COBRAR. ....	31
FIGURA 10. MODELO INVENTARIO. ....	32
FIGURA 11. MODELO CUENTAS POR PAGAR. ....	32
FIGURA 12. DIAGRAMA CAUSAL: HIPÓTESIS DINÁMICA (MODELO TEÓRICO).....	40
FIGURA 13. DIAGRAMA DE FLUJOS Y NIVELES DE LA HIPÓTESIS DINÁMICA .....	42
FIGURA 14. MODELO DE PRODUCCIÓN E INVENTARIO .....	47
FIGURA 15. DIAGRAMA “FLUJO DE CAJA”. RELACIÓN ENTRADA Y SALIDA DE DINERO.....	48
FIGURA 16. MODELO DEL CASH TO CASH.....	49
FIGURA 17. MODELO CUENTAS POR COBRAR .....	49
FIGURA 18. MODELO CUENTAS POR PAGAR.....	50
FIGURA 19. MODELO PAGO DE IMPUESTOS .....	51
FIGURA 20. MODELO DE IMPUESTOS .....	52
FIGURA 21. MODELO DE GANANCIAS RETENIDAS.....	53
FIGURA 22. MODELO DE CRÉDITOS BANCARIOS .....	54
FIGURA 23. DIAGRAMA EMPRESA MANUFACTURERA .....	56
FIGURA 24. DIAGRAMA SILLA ERGON .....	59
FIGURA 25. DIAGRAMA SILLA TÁNDEM.....	61
FIGURA 26. DIAGRAMA SILLA ISÓSCELES .....	63
FIGURA 28. PLANO DE LA EMPRESA .....	69
FIGURA 29. DIAGRAMA DE PROCESO DE UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA .....	69
FIGURA 30. SECCIÓN DE ACUMULACIÓN DE ÓRDENES, MODELO INVENTARIO OX .....	70
FIGURA 31. SECCIÓN MODELO DE INVENTARIO, EMPRESA DISTRIBUIDORA .....	73
FIGURA 32. SECCIÓN MODELO DE INVENTARIO OX EXPECTED ORDER RATE .....	75
FIGURA 33. SECCIÓN INVENTARIO DE TRABAJO EN PROCESO, MODELO DE INVENTARIO OX.....	78
FIGURA 34. SECCIÓN DE OX MATERIALS INVENTORY.....	81
FIGURA 35. SECCIÓN OX ACCOUNTS PAYABLE.....	86
FIGURA 36. SECCIÓN MODELO DE FLUJO DE CAJA, EMPRESA DISTRIBUIDORA.....	89
FIGURA 37. SECCIÓN OX ACCOUNTS RECEIVABLE .....	95

FIGURA 38. SECCIÓN DE ACUMULACIÓN DE ÓRDENES, MODELO INVENTARIO OC .....	99
FIGURA 39. DELIVERY DELAY TABLE .....	101
FIGURA 40. SECCIÓN MODELO DE INVENTARIO, EMPRESA MANUFACTURERA .....	102
FIGURA 41. SECCIÓN EXPECTED ORDER RATE OC .....	104
FIGURA 42. TABLE FOR ORDER FULFILLMENT OC .....	106
FIGURA 43. SECCIÓN INVENTARIO DE TRABAJO EN PROCESO, MODELO DE INVENTARIO OC .....	108
FIGURA 44. SECCIÓN MATERIALS INVENTORY OC .....	112
FIGURA 45. MODELO DE FLUJO DE CAJA, EMPRESA MANUFACTURERA .....	116
FIGURA 46. SECCIÓN OC ACCOUNTS PAYABLE .....	120
FIGURA 47. OC PAYMENTS TABLE .....	121
FIGURA 48. SECCIÓN OC ACCOUNST RECEIVABLE .....	122
FIGURA 49. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR PAGAR NOVAISO .....	134
FIGURA 50. RESIDUALES CUENTAS POR PAGAR, NOVAISO .....	135
FIGURA 51. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR PAGAR ERGON MEDIA .....	136
FIGURA 52. RESIDUALES CUENTAS POR PAGAR ERGON MEDIA .....	137
FIGURA 53. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR PAGAR, ISÓSCELES .....	138
FIGURA 54. RESIDUALES CUENTAS POR PAGAR ISÓSCELES .....	139
FIGURA 55. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR COBRAR, NOVAISO .....	140
FIGURA 56. RESIDUALES CUENTAS POR COBRAR, NOVAISO .....	141
FIGURA 57. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR COBRAR, ERGON MEDIA .....	142
FIGURA 58. RESIDUALES CUENTAS POR COBRAR, ERGON MEDIA .....	143
FIGURA 59. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR COBRAR, ISÓSCELES .....	144
FIGURA 60. RESIDUALES CUENTAS POR COBRAR, ISÓSCELES .....	145
FIGURA 61. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR PAGAR NOVAISO .....	147
FIGURA 62. RESIDUALES CUENTAS POR PAGAR, NOVAISO .....	148
FIGURA 63. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR PAGAR ERGON MEDIA .....	149
FIGURA 64. RESIDUALES CUENTAS POR PAGAR ERGON MEDIA .....	150
FIGURA 65. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR PAGAR, ISÓSCELES .....	151
FIGURA 66. RESIDUALES CUENTAS POR PAGAR ISÓSCELES .....	152
FIGURA 67. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR COBRAR, NOVAISO .....	153
FIGURA 68. RESIDUALES CUENTAS POR COBRAR, NOVAISO .....	154
FIGURA 69. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR COBRAR, ERGON MEDIA .....	155
FIGURA 70. RESIDUALES CUENTAS POR COBRAR, ERGON MEDIA .....	156
FIGURA 71. COMPORTAMIENTO CUENTAS POR COBRAR, ISÓSCELES .....	157
FIGURA 72. RESIDUALES CUENTAS POR COBRAR, ISÓSCELES .....	158
FIGURA 73. INTERVALO DE CONFIANZA ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	162

FIGURA 74. FLUJO DE CAJA OFIEXPORT ESCENARIO LICITACIONES. ....	172
FIGURA 75. CASH TO CASH OFICARIBE, ESCENARIO LICITACIONES. ....	173
FIGURA 76. INVENTARIO, DÍAS DE CXC Y DÍAS DE CXP NOVAISO.....	173
FIGURA 77. INVENTARIO, DÍAS DE CXC Y DÍAS DE CXP NOVAISO.....	174
FIGURA 78. INVENTARIO, DÍAS DE CXC Y DÍAS DE CXP NOVAISO.....	175
FIGURA 79. FLUJO DE CAJA OFIEXPORT ESCENARIO LICITACIONES. ....	176
FIGURA 80. CASH TO CASH OFICARIBE, ESCENARIO LICITACIONES. ....	177
FIGURA 81. INVENTARIO, DÍAS DE CXC Y DÍAS DE CXP NOVAISO.....	177
FIGURA 82. INVENTARIO, DÍAS DE CXC Y DÍAS DE CXP NOVAISO.....	178
FIGURA 83. INVENTARIO, DÍAS DE CXC Y DÍAS DE CXP NOVAISO.....	179

## Introducción

El presente proyecto radica en la simulación dinámica del flujo de materiales de dos eslabones de una cadena de suministro (Fabricante-Distribuidor) y sus respectivos flujos financieros. Definiremos la variable “*Cash Flow*” como la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado, y la usaremos como un indicador importante de la liquidez de una empresa. Es importante destacar que una empresa para ser rentable no necesariamente tiene que poseer liquidez, ya que una compañía puede tener problemas de efectivo y aun así ser rentable; por lo tanto, este indicador permite medir o anticipar los saldos en dinero, y con ello poder tener un marco de referencia para la toma de decisiones e inversiones.

El objetivo principal del proyecto es evaluar el impacto a largo plazo que genera la toma de decisiones estratégicas en el flujo de Caja de cada compañía y de la cadena de suministro en general. Este impacto se evaluará con la métrica “Cash to Cash”, “C2C” o “Cash Cycle”, la cual expresa el tiempo que transcurre, desde que se realiza un desembolso a un proveedor por compra de materia prima, hasta que este dinero es recaudado por la compra de sus clientes. Se genera a partir de 3 variables del modelo financiero propuesto y a partir de allí, se busca tener una base sólida para la toma de decisiones tanto financieras como operativas para cada una de las compañías y de manera global para la cadena de suministro.

Este proyecto propone la simulación del sistema financiero desde una nueva perspectiva, donde se plantean distintas interacciones entre el flujo de materiales y el flujo financiero de los dos eslabones descritos con anterioridad.

En la literatura existen varios modelos enfocados a la planeación financiera, integrando aportes como modelos de inventarios (Sternan, 2000), Modelos de Cuentas por Cobrar, Modelos de Cuentas por Pagar, Modelos de inversión, Modelos de Crédito, Modelo de Costos y estados financieros y modelos de sistemas macroeconómicos (Yamaguchi, 2003), pero en la estructura de dichos modelos no se encuentran los bucles de retroalimentación entre los modelos de flujo de materiales y los modelos financieros con lo cual se pierde esa importante interacción que se busca en los sistemas dinámicos.

Existen pocos modelos de simulación sobre estados financieros en la actualidad, este, es un campo del conocimiento relativamente inexplorado por la complejidad de los mismos (Yamaguchi, 2003). Se procederá a definir las variables relevantes y realizar el levantamiento de los datos necesarios para la modelación en función del caso de estudio planteado, una vez hecho el

modelo, se planteará la validación del mismo, comparando el comportamiento histórico de algunas variables importantes de la empresa con lo expuesto por el modelo de simulación (Oliva, 2003).

Finalmente, se analizará y mejorará los resultados obtenidos del modelo desarrollado, mediante la implementación de técnicas avanzadas de sensibilidad y optimización, con el fin de proponer políticas que sirvan como marco de decisión que contribuyan a mejorar el flujo de caja de las compañías.



## **Capítulo 1. Generalidades**

### **1.1 Antecedentes**

Hace cinco décadas, específicamente en los años 60, la dinámica de sistemas tuvo sus primeras aplicaciones, y con el paso del tiempo se ha extendido a muchos ámbitos del conocimiento. A lo largo del tiempo se han hecho muchas publicaciones, tales como: "Industrial Dynamics" (Forrester, 1961) y "Urban Dynamics", consolidándose al final en el informe del Club de Roma sobre los "Límites del crecimiento" (Meadows, 1989).

Actualmente, la Dinámica de Sistemas se desarrolla en tres ámbitos que son: el Empresarial, Ambiental y Social; de los cuales el más desarrollado a lo largo de la historia es el ámbito Empresarial. Es importante resaltar que la aplicación de la Dinámica de Sistemas es de mucha utilidad, ya que ofrece potencia con un nivel moderado de dificultad para realizar análisis de problemas que surgen debido a los cambios que se presentan constantemente. Además, se puede decir que su aplicabilidad permite lograr fines como: la optimización de sistemas y evaluación de posibles políticas y normativas, permitiendo una aproximación al dinamismo de la realidad, considerándose así una de las herramientas de fuerte impacto en el siglo XXI. Los modelos de simulación basados en Dinámica de Sistemas son aplicables en todas las actividades dentro de la empresa.

La Dinámica de Sistemas se utiliza dentro de las empresas en ámbitos operativos, como por ejemplo en la Gestión de Proyectos, donde las herramientas de estos permiten organizar las tareas por medio de una forma lineal. Sin embargo presentan dificultades para gestionar imprevistos, cambios bruscos en la planificación o errores en las tareas ya realizadas.

Es importante resaltar que la Dinámica de Sistemas no pretende sustituir a los clásicos PERT o Project Management en la ordenación de tareas que componen un proyecto, pero puede ayudar a comprender y prevenir habituales problemas que surgen a lo largo de la ejecución de los proyectos, como son los retrasos en la entrega, la baja calidad del producto final o el incremento en los costos reales con relación al presupuesto.

Otra aplicación del modelo dinámico consiste en realizar mejoras de las habilidades directivas por medio de juegos empresariales, donde los participantes tienen la posibilidad de apreciar bien la importancia de los retrasos en la transmisión de la información y conocer la influencia de nuestro propio modelo mental en la percepción de la situación. En general, las aplicaciones mencionadas son reales y los resultados pueden ser muy

positivos o no, ya que no siempre se consigue el éxito porque la técnica es una "decision-making tool".

Desde su aparición se tienen muy pocos registros de modelación de sistemas financieros y en su mayoría son contables, ya que tienden a ser complejos como: los modelos de flujos financieros, estado de resultados y balance general de (Yamaguchi & Forrester, 2000); además, que no se posee registro de un modelo de simulación dinámico en el que se relacione el cálculo de métricas como el C2C, esto también sucede porque la métrica es relativamente nueva y comparado con los modelos de simulación dinámica que normalmente se usan, es poco común encontrar sobre flujos de caja y cualquier otro modelo relacionado con el flujo financiero.

Uno de los mayores exponentes de la aplicación de la Dinámica de Sistemas al flujo financiero es (Yamaguchi, 2003), el cual, durante el congreso sobre Dinámica de Sistemas, presentó modelos de los estados de resultados y los balances generales de la empresa. Esto representa para la investigación un gran avance, ya que no se encuentra información disponible y puntual para el caso que se maneja en este proyecto. También se tiene varios autores que han tocado superficialmente el tema de los componentes del "Flujo de Caja" en dinámicas de sistemas, como lo son: los modelos de Cuentas por Pagar, Cuentas por Cobrar, Inventarios, Niveles de Endeudamiento, Fuerza de Trabajo, Inversión de Capital, Planeación Financiera, entre otros.

A continuación se presenta los antecedentes de las investigaciones mencionadas anteriormente:

**Tabla 1. Resumen Antecedentes Investigativos**

<b>AUTOR</b>	<b>TITULO</b>	<b>COMENTARIO</b>	<b>AÑO</b>
JW Forrester	Industrial Dynamic	Modelo de Cuentas por Cobrar y Cuentas por Pagar	1999
K Yamaguchi	Stock-Flow Fundamentals, Dealt Time and Feedback	Fundamentos de inventarios	2000
J Sterman	Business Dynamics	Base del modelo de inventario	2000
K Yamaguchi	Principle of accounting system dynamics	Modelo Flujo de caja, balance general y estado de resultados	2003
A. Crespo Márquez	Front-end, back-end and integration issues In virtual supply chain dynamics modeling	Opciones de modelado dinámico para conectar el valor del cliente a los objetivos de negocio	2004

K Yamaguchi	Balance of payments and foreign exchange dynamics SD macroeconomic modeling	Modelación de Deudas y Pagos Macroeconómicos	2007
X Yingliang, X Linhai	Application of system Dynamics to enterprise Financial scenario planning	Aplicación de Dinámica de Sistemas para mejorar la planeación financiera de una compañía	2008
C Yan-Song	Controlling the business growth speed from financial angle of view using cash	Modelo de Cuentas por Cobrar y Cuentas por Pagar en el flujo de caja	2009
K Yamaguchi	Macroeconomic Dynamics	Modelo Flujo de caja, balance general y estado de resultados	2012

## 1.2 Formulación del problema

La liquidez de una compañía es un factor de mucha importancia a evaluar, ya que actualmente se estima que el 4% del costo de los productos finales de una empresa se relacionan directamente con los costos financieros (Kerr, 2006), y por tal motivo si la liquidez de esta es baja, se pueden ver muy afectadas áreas de gran importancia en lo que se refiere a la calidad, pagos a proveedores y de nómina y otras obligaciones financieras. Es importante comprender la relación que existe en estas áreas funcionales, ya que al conocer esto se podrán tomar mejores decisiones a futuro.

Por medio del análisis financiero, se obtienen indicadores que permiten realizar el cálculo de la liquidez que se quiere conocer; llevándolo al caso de estudio, lo que se desea es evaluar el comportamiento de los flujos de caja de dos compañías una manufacturera y otra distribuidora, para que a partir del conocimiento de su liquidez correspondiente se puedan proponer posibles decisiones que puedan mejorar la liquidez y la gestión de capital de trabajo.

La diferencia entre herramientas de simulación de Microsoft-Excel con las que plantea la Dinámica de Sistemas para realizar una planeación financiera, radica en que las primeras arroja resultados no muy confiables porque los supuestos establecidos son muy simples, además, esta herramienta no toma en cuenta la relación entre las variables importantes, retrasos, no-linealidad del entorno modelado y políticas de mejora; mientras que la Dinámica de Sistemas es un instrumento útil y potente para analizar problemas generados por los cambios

del entorno, permitiendo al encargado de las decisiones establecer un modelo mental, revisar que tan consistente es y así poder mejorarlo.

A lo largo de los últimos años, la Dinámica de Sistemas aplicada a estructuras financieras ha ido evolucionando. (Thompson, 1986) aplicó, análisis y administración del flujo de caja basado en dinámica de sistemas, (Kolay, 1991) describió como la Dinámica de Sistemas puede usarse exitosamente para la toma apropiada de decisiones cuando la compañía cuenta con poco capital de trabajo, (Bianchi, 2002) integró la Dinámica de Sistemas y modelos contables para la planeación y control del sistema financiero y (Pejic-Bach, 2003) explica como la indisciplina financiera es un gran problema para las empresas pequeñas o en desarrollo. Actualmente no se ha desarrollado un modelo que establezca una relación entre el flujo de efectivo y el flujo de materiales.

Durante el congreso del 2003 sobre Dinámica de Sistemas, (Yamaguchi, 2007) expuso modelos de los estados de resultados, y los balances generales de la empresa, representando para la empresa un gran avance, y especialmente para este proyecto ya que no se cuenta con información puntual. Sin embargo, es importante mencionar que las estructuras propuestas no tienen interdependencia entre las variables de los modelos.

La identificación de limitaciones que tienen muchas empresas en cuanto a baja liquidez, la no aplicación de estrategias colaborativas y la sacrificación de los niveles de servicio y confiabilidad, surgen por la falta de claridad en la toma de decisiones y en la estructuración del sistema que compone cada uno de los factores y debido a la falta de información específica que permita identificar puntos críticos dentro de la gestión de una cadena de suministro y su relación entre los eslabones de la misma. En la medida de liquidez de C2C, los indicadores financieros ofrecen información que le permite a las empresas compararse con la competencia y seguido de esto, elaborar estrategias teniendo en cuenta esta información, además, gracias a las herramientas de simulación y análisis de sensibilidad permiten optimizar procesos y tomar mejores decisiones.

Basado en lo anterior, se puede decir que es conveniente la aplicación de un modelo de simulación dinámica que establezcan una relación entre los dos eslabones de la cadena de suministro que son manufactura y distribución, considerando las ventajas que ofrece evaluar los flujos de esta manera, permitirá desarrollar estrategias colaborativas entre las empresas que la conforman e identificar puntos de mejora, que permitan tomar buenas decisiones y así aumentar las ganancias de la actividad.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Desarrollar un método diagnóstico aplicado a una cadena de suministro (fabricante-distribuidor) que interrelacione de manera efectiva sus decisiones y políticas de operación a través de un modelo dinámico; las mejoras propuestas se deben ver reflejadas en un menor tiempo de ciclo y mejor rotación del flujo.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Elaborar un diagnóstico acerca de la situación actual de las empresas, a través de la definición de la cadena de suministro a evaluar, estudio del impacto financiero y medición del Cash To Cash de los dos eslabones de manera agregada y desagregada, analizando cada parámetro por proveedor, producto y cliente según la cadena de suministro elegida, con lo cual sea posible evaluar y analizar resultados.
2. Realizar modelos de simulación de sistemas dinámicos sobre el flujo de caja, validarlo y estabilizarlo.
3. Verificar y Validar los datos necesarios y compilados para la modelación del sistema dinámico del flujo de caja y a partir de allí dirigirse hacia el diseño del modelo de simulación.
4. Calcular la métrica de Cash-To-Cash con el uso del modelo de simulación del flujo de caja.
5. Comparar los resultados encontrados para el Cash To Cash de las empresas utilizando parámetros tanto agregados como desagregados, y a partir de allí establecer conclusiones al respecto.
6. Modelar y evaluar escenarios de mejora considerados relevantes.

## 1.4 Justificación

Actualmente la competencia entre empresas es mayor cada día, esto es debido a que el entorno está en constante proceso de cambio y por tanto exige que todo se esté renovando constantemente para llevar el mismo ritmo de desarrollo. Por tal motivo, es necesario que las empresas se adapten a los nuevos modelos y busquen la implementación de nuevos métodos y herramientas que las ayuden a mantenerse posicionadas en el mercado, de tal manera que eviten ser alcanzadas por sus competidores. Además, las empresas se han visto en la necesidad de darle valor a la compañía y aumentar sus utilidades, y para esto ha sido necesario crear herramientas que permitan la integración de las cadenas de suministro para lograr el objetivo mencionado anteriormente y dejar a un lado la idea de que las empresas logran alcanzar el éxito cuando toman decisiones basándose en los índices de liquidez. En este proyecto se utiliza la métrica cash to cash (C2C), considerándose como una medida potente que puede realizar un diagnóstico confiable sobre el estado de flujo de efectivo en una compañía.

La modelación de sistemas dinámicos permite la construcción de modelos de simulación totalmente diferentes al de otras técnicas aplicadas para realizar estudios a nivel socioeconómico, la cuales requieren datos empíricos para sus cálculos estadísticos y así determinar el sentido y la correlación entre factores. La elaboración del modelo permite comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento del sistema y para esto es necesario conocer el rol que cumple cada elemento de dicho sistema y ver cómo influyen diferentes acciones en cuanto a tendencias de comportamiento dentro del mismo. En ocasiones se dificulta la toma de decisiones respecto al caso financiero, ya que estas llevan consigo inconvenientes como baja liquidez, la no aplicación de estrategias colaborativas y el sacrificio de los niveles de servicio y confiabilidad, entre otras. Estas desventajas surgen por la falta de claridad a la hora de tomar decisiones y en la estructuración del sistema que compone los factores, incluso también por falta de información necesaria para identificar los puntos críticos en las empresas y así mismo en sus cadenas de suministro.

Por medio de los indicadores financieros, las empresas pueden realizar comparaciones entre ellas y la competencia, con el fin de evaluar ventajas y desventajas y a partir de esto generar estrategias con la ayuda de herramientas de simulación y análisis de sensibilidad para así mejorar la toma de decisiones y la optimización de procesos.

Según (Wilkinson, Hill, & Gollan, 2001), las mediciones de los flujos de dinero y la liquidez de las empresas, es una de las desventajas organizacionales más marcadas que afectan directamente la sostenibilidad y rentabilidad de las empresas. Teniendo en cuenta que la característica fundamental de los flujos

de dinero es su inestabilidad, se comprueba que la modelación de sistemas dinámicos es un poco limitante, ya que la modelación del flujo de caja se hace más compleja.

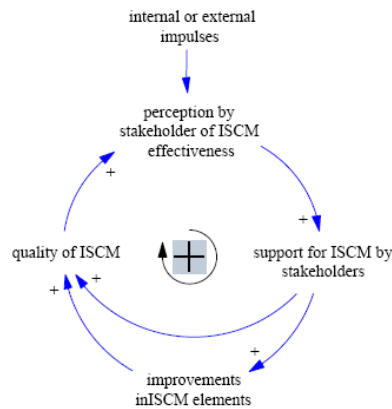
En este proyecto se busca analizar el modelo de simulación de sistemas dinámicos del flujo de caja, con el fin de medir acertadamente de tal manera que se maximice el valor y las utilidades de las empresas en estudio y así mismo de sus cadenas de suministro. Para esto se aplica un modelo al flujo de caja en dos empresas una de manufactura y otra de distribución que son componentes de una misma cadena de suministro, de esta manera se podrá realizar un diagnóstico en tiempo de las condiciones de liquidez y presentar propuestas para mejorar la toma de decisiones y así generar valor a las empresas en estudio.

### **1.5 Metodología de la investigación**

(Forrester, 1961) La Dinámica de Sistemas emergió en los años 60 como una metodología de simulación para el análisis y toma de decisiones a largo plazo de problemas dinámicos de manejo industriales. Jay W. Forrester fue el líder de un grupo de investigadores del MIT que inició un nuevo campo llamado dinámica industrial.

La Dinámica de Sistemas es una metodología de modelación y técnicas de simulación diseñada para estudiar los problemas asociados, entre otros, a la logística, remanufactura, organizaciones y sistemas socioeconómicos. La dinámica de sistemas tiene como objetivo examinar la interacción de distintas funciones (procesos físicos, flujos de información y políticas empresariales) dentro de un sistema para poder tener un mejor entendimiento del comportamiento del mismo, mejorar la interacción entre sus distintos componentes y para integrarlos dentro de un todo, diseñar adecuados mecanismos de decisión (Sterman, 2002).

Al tener claras las variables que influyen en el comportamiento del sistema integral que se quiere representar mediante el modelo, se procede a construir una hipótesis dinámica, la cual representa un bosquejo esquemático de elementos relacionados entre sí, en este caso esos elementos son las variables definidas previamente. La Figura 1 se compone de bucles que buscan describir un proceso de retroalimentación entre las mismas.

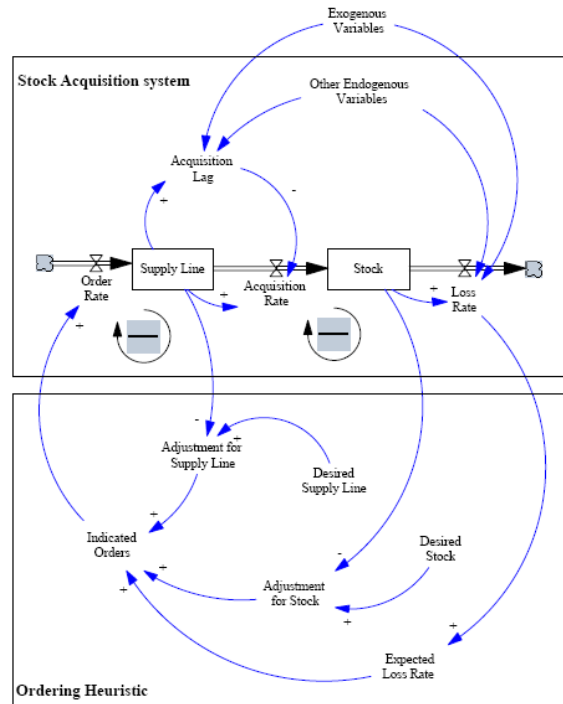


**Figura 1. Ciclos virtuosos y viciosos in ISCM.**  
**Fuente: Akkermans & van Helden (2002)**

La hipótesis debe representar las distintas teorías que explican los modos de referencia. Cuando estas teorías se listan, se debe analizar cuál de estas son las más relevantes, con el fin de incluirlas en el diagrama, ya que lo que se desea es un bosquejo que logre explicar la forma como se produce un comportamiento determinado. En la construcción de la hipótesis siempre se tiene incertidumbre, ya que no se sabe a ciencia cierta si lo que se está representando describe realmente los modos de referencia y en qué condiciones puede hacerlo.

La formulación matemática consiste en un sistema de ecuaciones diferenciales, que son resueltas mediante simulación, para este proyecto se hará uso del software Vensim® con licencia DSS, a continuación se presenta a manera de ejemplo un modelo genérico de inventario el cual muestra la interfaz gráfica del software. (Ver: Figura 2).





**Figura 2. Modelo genérico para el manejo de inventario.**  
**Fuente: Sterman (1989).**

A continuación se describen las etapas específicas que componen la metodología completada para el presente proyecto:

- Revisión literaria de todas las investigaciones correspondientes a análisis financiero.
- Diseño del modelo a través de método estándar: el método estándar es una secuencia de actividades y procesos el cual describe paso a paso las tareas a realizar por el modelador. Esta técnica fue introducida por el profesor Jim Hines, y su nombre responde al hecho de que era una práctica común para todo el que deseara aplicar dinámica de sistemas.

En el método se definen los siguientes pasos:

1. Definición del problema:
  - a) Listar las variables
  - b) Modos de referencia
  - c) Declaración del problema
2. Políticas del momento
3. Hipótesis dinámica
4. Modelar
5. Analizar

- Verificación y validación donde en primera instancia se verifica que no haya inconsistencia entre el modelo y la hipótesis dinámica, luego se realizan pruebas de estructura del modelo, los cuales comprueban que el modelo describe el problema de interés y pruebas de robustez las cuales se refiere a las pruebas extremas.
- Experimentación y optimización la cual consiste en ensayar diversos valores de las variables de control, en un modelo de simulación ya validado en los pasos anteriores, para luego buscar los mejores valores, con el objeto de maximizar el flujo de caja de las compañías.

## 1.6 Cronograma de actividades del proyecto

Para la realización del cronograma se identificaron inicialmente las actividades a desarrollar y el tiempo estimado para su ejecución, estas actividades son:

1. Revisión Bibliográfica
2. Análisis de las variables de interés
3. Hipótesis dinámica
4. Recolección de la información
5. Organización de la información
6. Desarrollo del modelo
7. Calibración
8. Optimización
9. Análisis de resultados

En la (Figura 3), se muestra el diagrama de Gantt para las actividades antes mencionadas.

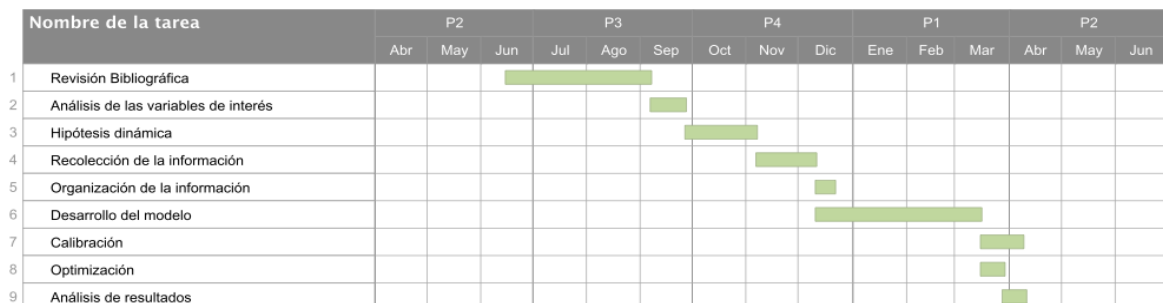


Figura 3. Cronograma de actividades del proyecto

## **1.7 Alcances y limitaciones**

Este proyecto comprende una búsqueda exhaustiva alrededor del tema del flujo de caja aplicado a dinámica de sistemas, con el objetivo de aplicar estos conocimientos a un caso de estudio real.

Se parte sobre la identificación del problema, y el planteamiento de los objetivos del proyecto. De estos se procede a la revisión literaria de estudios sobre dinámica de sistemas relacionados con flujo de caja, esto con el fin de realizar la conceptualización del modelo y plasmar la hipótesis dinámica de la problemática. Una vez determinada la hipótesis dinámica, se procede a la calibración y optimización del modelo por medio de los datos del caso de estudio, y como resultado final de esta investigación, hacer uso de la herramienta de simulación dinámica para la toma de decisiones en múltiples ambientes. Para hacer las corridas de los distintos escenarios a evaluar, es indispensable la presencia del modelador, dado el alto nivel técnico requerido para el cambio de estructura de los modelos propuestos. Por otro lado las variables agregadas para el modelo del caso de estudio, tienen nombres personalizados para las compañías estudiadas y no son nombres que se encuentren disponibles en la literatura financiera.

Se debe resaltar que una de las limitaciones más grandes de este proyecto es la facilidad de obtención de información requerida para el desarrollo del estudio del modelo de simulación, requisito fundamental para la realización de la validación ya que es necesario averiguar el comportamiento de las variables de estudio para que el modelo sea efectivo en su objetivo.

## **Capítulo 2. Marco de referencia**

### **2.1. Marco teórico**

Con este capítulo se busca direccionar la investigación de una manera correcta, fortalecer los conocimientos en teorías directamente relacionadas con la problemática y los objetivos planteados en el proyecto. Es decir, seleccionar las bases teóricas de otros investigadores para tener un soporte de documentos que permita orientar de manera coherente la investigación.

El principal problema de esta investigación es la falta de una herramienta estandarizada y normalizada como índice de liquidez para una empresa. Para esto se propone crear un modelo de flujo de caja donde estén en juego las variables que afectan el flujo de efectivo. Es de gran importancia conocer algunos conceptos para poder entender el documento, estos son los que se presentan a continuación:

#### **Dinámica de sistemas**

Para definir el concepto de dinámica de sistemas es necesario enfocarse en el objetivo de esta investigación el cual es la construcción de un modelo de simulación informático que ponga en manifiesto las relaciones entre la estructura del sistema y su comportamiento. Llamaremos “sistema” al conjunto de partes que se encuentran en interacción y se establece alguna forma de relación entre ellas formando así una unidad, es decir, el propio sistema.

Por otro lado, el objetivo del modelo dinámico de sistema es producir objetos abstractos para representar sistemas del mundo real. Denominaremos “S” objeto del mundo real, el cual será representado mediante un objeto matemático que denominaremos modelo “M”.

Como es posible notar existen conceptos importantes de los cuales se debe tener una clara concesión, para hablar de dinámica de sistemas y entender su comportamiento. El comportamiento, podemos definirlo como la evolución a lo largo del tiempo de las magnitudes que se consideran relevantes para caracterizar los objetos considerados y un sistema dinámico es el objeto matemático formado por un espacio de estados y una regla que prescribe como varían estos estados a lo largo del tiempo y aporta el lenguaje para la descripción del comportamiento de dicho sistema.

Para tener una visión general y unificada de los conceptos, podemos decir que un modelo es un instrumento que ayuda a un observador a responder interrogantes que se sienten acerca de un aspecto de la realidad al que convenimos considerar un sistema concreto "S", es decir, el objeto del mundo real.

En conclusión lo que se quiere es construir un modelo matemático mediante un sistema dinámico que programado en un software en el computador, permita generar las proyecciones que ilustren el comportamiento del sistema estudiado. Ahora hablaremos de los atributos que tiene el sistema debido a su comportamiento. Entonces se tiene que un observador le asocia un conjunto de atributos o características a dicho sistema. Estos atributos que se le asocia al sistema no serán independientes entre sí, sino, que entre ellos existirá dependencia dentro del sistema.

También se habla de la influencia que tiene cada una de las partes dentro del sistema, esto es, que una parte tiene influencia sobre otra parte causándole algún efecto sobre la otra.

Con estos conceptos claros podemos ahora hablar de lo que es realimentación de un sistema. Para decir que un sistema se realimenta, se dice que la información dentro del sistema tiene una permanente circulación, es decir, se alimenta y se vuelve a alimentar, y así sucesivamente. Ahora, cuando hablamos de una realimentación negativa hablamos de un efecto corrector o compensatorio es decir auto-regula el sistema por medio de la información que circula sobre el sistema.

Y cuando hablamos de realimentación positiva sucede que en el sistema se acelera ya sea el crecimiento o el declive de dicha parte. A este tipo de realimentación también se les llama bola de nieve ya que tienen un aceleramiento continuo sobre la parte, es decir, la acumulación de una parte constantemente. Mientras que se da la acumulación de una parte, todas las partes de las que son influencias por dicha parte estarán en continuo crecimiento.

Para concluir podemos decir que los sistemas con una estructura de realimentación negativa, son estables ya que existen un medio regulador entre las partes mientras que una estructura de realimentación positiva al tener una aceleración constante entre sus partes genera un sistema con una estructura inestable.

Ahora hablaremos de variables las cuales se encuentran denotadas en un diagrama donde se refleja la estructura de un sistema.

Estas variables son: *Variables de estado, variables de flujo y variables auxiliares.*

Se dice que las **variables de estado** son las más importantes en el sistema ya que representa las magnitudes cuya evolución es especialmente significativa dentro del sistema. Además, asociadas a estas variables de estado, están las **variables de flujo** las cuales determinan la variación de las variables de estado a lo largo del tiempo y por último tenemos las **variables auxiliares** que constituyen las restantes variables que aparecen en el sistema y representan pasos intermedios para la determinación de las variables de flujo a partir de las variables de estado.

Para diferenciar las variables de estado con las variables auxiliares podemos decir que las variables de estados varían lentamente acumulando los flujos, mientras que las variables auxiliares varían instantáneamente en respuesta a los valores que toman las variables de estado a lo largo del sistema.

Decimos de las variables de estado que constituyen un papel muy importante y significativo dentro del sistema debido a que representan magnitudes que acumulan los resultados de acciones tomadas en el pasado.

En cuanto a las variables de flujo, estas determinan las variables en los estados del sistema, es decir, caracterizan las acciones que se toman en el sistema las cuales se van acumulando en el estado de destino. Por esta razón una variable de flujo siempre tendrá la medida en la misma unidad en el estado en el cual se acumula. Y también debemos tener en cuenta que las variables de flujo tienen como entrada exclusivamente a estados y a variables auxiliares, esto quiere decir que las variables de flujo no pueden conectarse entre ellas sino que siempre hay un estado en la cual se acumula. Lo mismo se dice con la variable de estado, que esta, no puede influir directamente sobre otra variable de estado a no ser que lo haga por medio de una variable de flujo la cual se toma como intermediaria entre las dos..

Y por último de las variables auxiliares decimos que representan pasos o etapas en los que se descompone el cálculo de una variable de flujo a partir de los valores tomados por los estados, es decir, las variables auxiliares unen los canales de información entre las variables de estado y de flujo. (Pasos intermedios entre ambas variables)(Santonja & Álvarez, 1997). Ahora pasaremos a hablar del concepto de flujo de caja ya que es un tema determinante para el desarrollo de la investigación.

## **Flujo de caja**

El flujo de caja puede definirse como una herramienta financiera necesaria e imprescindible en la administración financiera de una empresa y tiene como objetivo dar a conocer los ingresos y egresos en un período de tiempo determinado.

La administración financiera y económica en una organización es muy fundamental y existe la necesidad de que ésta sea manejada de manera organizada y anticipada y así conocer los eventos y casos posibles que pueden ocurrir para así tomar las mejores decisiones en cuanto a gestión empresarial y poder mejorar a tiempo las decisiones que no hayan sido las correctas. El flujo de caja (Cash Flow) es una herramienta financiera que sirve para plantear y establecer políticas sobre el monto del financiamiento de inversión, remuneración de dividendos, los plazos de retorno con el fin de planear de manera adecuada el uso de los fondos y maximizar el valor de la empresa y minimizar los costos que generen el menor valor agregado.

El flujo de caja da a conocer información sobre la liquidez financiera que presenta una organización y así mejorar las decisiones sobre políticas de compra venta y de inversiones; además, el conocimiento de déficit o superávit permite estimar el capital de trabajo y así tomar decisiones para medidas financieras de la organización.

### **Definición flujo de caja**

El flujo de caja es una herramienta de análisis financiero que relaciona los egresos e ingresos de una organización en un período de tiempo dando a conocer necesidades de información para la toma de decisiones como la liquidez.

Un flujo de caja es el saldo de ingresos menos egresos, en términos reales o nominales, que registra una empresa generados por una inversión, actividad productiva o proyecto, en un periodo determinado.

Los ingresos y entradas de efectivo son los derivados de:

- Ventas activos fijos
- Ventas de contado
- Préstamos de accionistas e instituciones financieras

- Cobranzas de ventas al crédito

### **Objetivo:**

El objetivo principal de realizar flujos de cajas en una organización en diferentes períodos a lo largo del tiempo es tener conocimiento previo de los déficit o superávit que se puedan presentar y así tomar control y planear medidas para que haya un funcionamiento eficiente y prevenir flujos de caja negativos gestionando las fuentes y medidas necesarias.

Para un mejoramiento del flujo de caja y minimización de los costos que no generen valor agregado a la empresa, es necesario recurrir a fuentes de financiamiento y de inversión como:

- Aumentar ventas
- Financiamiento bancario y de los accionistas.
- Disminución de costos
- Publicidad y marketing
- Crecimiento de las divisiones de negocio.
- Adquisición de activos fijos

### **Ventajas:**

Una de las grandes ventajas de realizar flujos de caja en una organización es que la estimación que se realiza permite ejecutar diferentes actividades y acciones que benefician mucho a una empresa. El flujo de caja permita hacer un análisis y una evaluación de la rentabilidad presente en una organización con respecto al valor que este representa. Además una gran ventaja es que se pueden evaluar alianzas estratégicas para el mejoramiento general de la compañía.

A continuación se presentan ciertos puntos que muestran claramente las ventajas de utilizar el flujo de caja para conocer la gestión financiera que posee una empresa y como un indicador para evaluar la eficiencia operativa.

- Mejor estimación de la rentabilidad futura a diferencia de otros indicadores.
- Prevé las necesidades de efectivo que requiere una organización en un período de tiempo



### Limitaciones:

Existen ciertas limitaciones en cuanto al análisis que puede proporcionar los flujos de cajas. Muchas veces, los flujos de caja no muestran un análisis completo de algunos costos que no se puede cuantificar monetariamente.

Dado que los flujos de cajas se pueden catalogar como estimaciones de información supuesta que posee un porcentaje de error dada la incertidumbre y la variabilidad del mercado, de esta manera se ve afectada también la toma de decisiones para invertir.

### Flujo efectivo

El flujo de efectivo es un instrumento financiero que muestra las entradas y salidas históricas del efectivo en la organización en un determinado período de tiempo; se estructura teniendo en cuenta actividades de operación, actividades de inversión y financiamiento.

### Procedimiento

Para realizar flujos de caja es necesario establecer y definir el período de tiempo en el que se va a estar realizando. Además, se debe presentar los ingresos y costos efectuados en ese período definido y establecer la diferencia entre estos, para así estimar el flujo de caja acumulado: capital de trabajo.

### Tipos de flujos de cajas

- Flujo de caja económico

El flujo de caja económico no tiene en su estructura los gastos financieros ni amortización de deudas, préstamos ni pago de intereses por crédito, es decir, no tiene en cuenta las entradas y salidas de efectivo relacionada con financiamiento de terceros.

- Flujo de caja financiero

El flujo de caja financiero sí tiene en cuenta los egresos e ingresos de financiamiento de terceros. Este tipo de flujo muestra la liquidez que presenta la organización durante un determinado tiempo.

Existen varias clases de flujo de caja dependiendo de la información que se quiera obtener y el análisis que se quiera hacer a la gestión financiera de la empresa, así como el tipo de actividad económica que tenga la compañía. Las clases de flujo de caja son: flujo de caja libre, flujo de caja para el accionista, flujo de caja de deuda, flujo de caja de capital.

#### Cadena de suministro

Las cadenas de suministro consisten en cascadas donde cada empresa recibe órdenes de otra y cada una va ajustando su capacidad de producción hasta responder a los cambios que se producen en la demanda. Cada eslabón en la cadena de suministro controla y mantiene los inventarios del producto terminado. Para entender de manera general el comportamiento de la cadena de suministro, y lo que causa las oscilaciones que se producen, retardos de fases y amplificación, se debe detallar primeramente la dinámica y estructura de un solo eslabón, es decir, la manera en que una sola empresa administra sus inventarios y recursos en su intento por equilibrar la producción con los pedidos.

Estos procesos de equilibrio siempre implican reacciones negativas y todos los procesos de retroalimentación negativa implican la comparación del estado del sistema al estado deseado.

El gestor siempre busca mantener el inventario en un objetivo particular o al menos dentro de un rango aceptable para cubrir con la demanda. Se debe tener en cuenta que este administrador de inventarios debe establecer la velocidad de flujo de entrada para compensar las pérdidas y el uso para contrarrestar las perturbaciones que empujan al inventario lejos de su valor deseado. Frecuentemente hay desfases en el inicio de una acción de control y sus efectos entre el cambio en el inventario y la percepción de ese cambio por la decisión.

El problema del control de la gestión de inventarios se divide en dos partes:

1) El inventario y la estructura del sistema y 2) la regla de decisión utilizada por los gerentes para controlar la adquisición de nuevas unidades.

Para empezar se considera una situación en la que el gestor controla el caudal de entrada al inventario directamente y no hay ningún retraso en la adquisición de unidades. Llenar un vaso de agua desde un grifo nos proporciona un ejemplo: El retraso entre un cambio en el estado del sistema (el nivel de agua

en el vaso) y el flujo de entrada al almacén (la velocidad a la que fluye el agua del grifo) es lo suficientemente corto con respecto al flujo como para ser ignorado.

El inventario a controlar,  $S$ , es la acumulación de la tasa de adquisición  $AR$  menos la tasa de pérdida  $LR$ :

$$S = \int_{LR}^{AR} S_t \quad [1]$$

Las pérdidas incluyen cualquier flujo de salida desde el almacén y puede surgir de uso (como en un inventario de materia prima) o disminución (como la depreciación de planta y equipo). Estas pérdidas pueden depender también de otros conjuntos de variables endógenas  $X$  y exógenas  $U$ . pueden ser no lineales y puede depender de la distribución de la edad del inventario.

$$LR = f(S, X, U) \quad [2]$$

¿Cómo debe modelar la tasa de adquisición?

Los administradores no pueden agregar nuevas unidades por el simple hecho de que desean hacerlo. En primer lugar, la adquisición de nuevas unidades podría incurrir en retardos de tiempo. En segundo lugar, la adquisición de nuevas unidades para el inventario por lo general requiere de recursos: la producción requiere de mano de obra y equipo, la contratación requiere de reclutamiento. Estos recursos disponibles en cualquier momento pueden imponer restricciones de capacidad. Por ahora se asumirá que la capacidad del proceso es amplia y que no hay retrasos de tiempo significativos en la adquisición de nuevas unidades. Por lo tanto la adquisición real,  $AR$ , se determina por la adquisición de velocidad deseada,  $DAR$ :

$$AR = MAX(0, DAR) \quad [3]$$

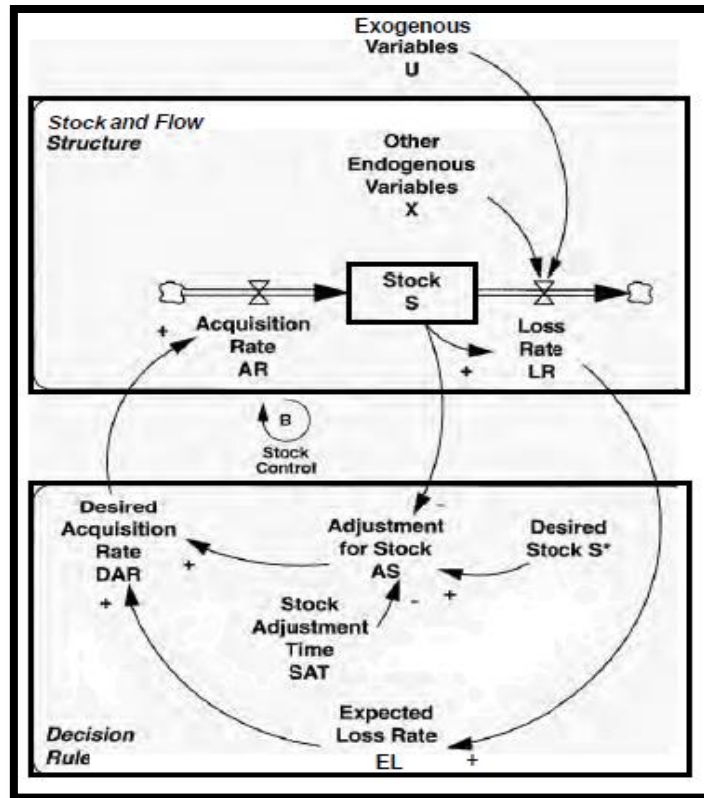


Figura 4. Diagrama Explicación Modelo de Inventarios.  
Fuente:(Sternan & Sweeney, 2002)

La función MAX asegura que la tasa de adquisición no puede ser negativa. En aquellos casos donde las unidades sobrantes puedan ser devueltas o descartadas, estos procesos se rigen generalmente por los costos y por criterios diferentes, es decir, estos deben ser modelados por separado mas no como una tasa de adquisición negativa.

La formulación para la tasa de adquisición deseada captura el proceso de toma de decisiones de los gerentes.

Dos consideraciones son fundamentales para cualquier decisión. En primer lugar, los gerentes deben reponer las pérdidas esperadas en el inventario. En segundo lugar, los gerentes deben reducir la discrepancia entre lo deseado y el inventario real mediante la adquisición de más perdidas de lo esperado cuando la población es menor de lo deseado y menos las pérdidas esperadas cuando hay un excedente. Así la tasa de adquisición deseada es la tasa de pérdida esperada EL más un ajuste por el inventario AS para traer el inventario a su nivel deseado.

$$DAR = EL + AS \quad [4]$$

## La estructura de la gestión de inventario

El modelo sencillo de arriba, da pistas importantes sobre el comportamiento de la oferta mas no el real, debido a que este, toma como supuesto de que la adquisición de nuevos productos es inmediata, es decir, no existe ningún retraso al momento de adquirirlos, hecho que en la realidad no es muy cierto. Ahora la estructura de la población de la que se estudiará incluirá una línea de suministro de vacantes de órdenes, es decir, órdenes que se hayan colocado pero que aún no se han recibido.

La tasa de orden OR es ahora el punto de decisión de los gerentes. La tasa de adquisición depende de la línea de suministros SL de unidades que han sido ordenadas pero aún no recibidas y el promedio de adquisición AL:

$$AR = L(S_L, AL) \quad [5]$$

$$AL = f(S_L, X, U) \quad [6]$$

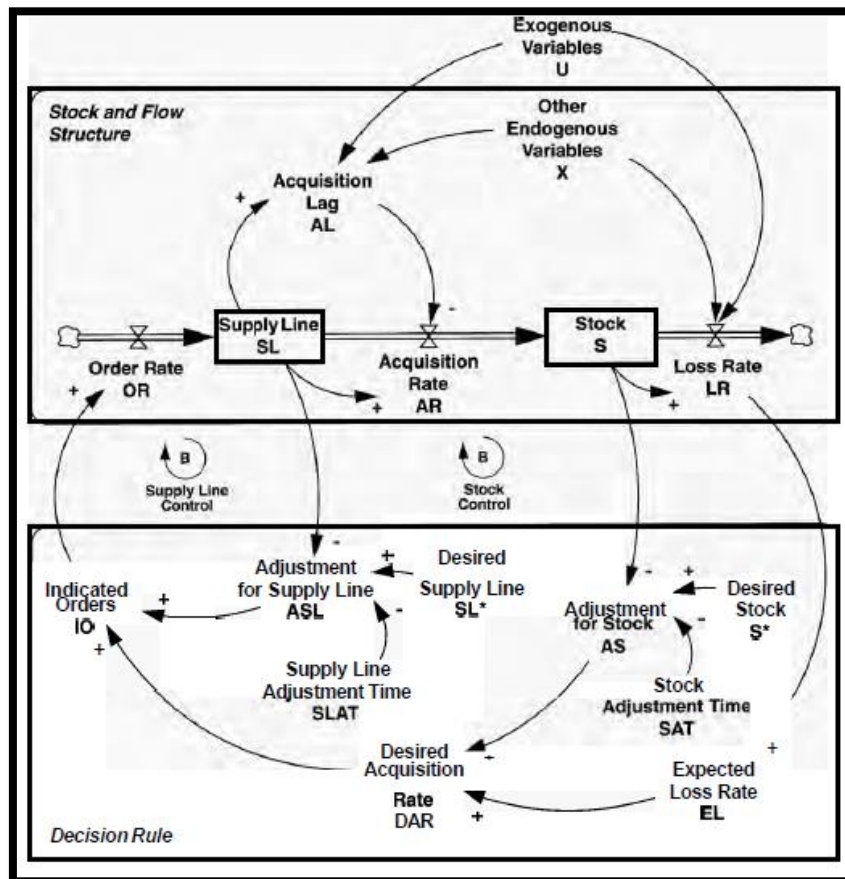


Figura 5. Diagrama Explicación Modelo de Inventarios.  
Fuente: (Stermán, 2000)

Donde la función (L) denota el retraso de material, el cual podría ser un retraso de primer orden o cualquier otra distribución de llegadas de retraso medio de adquisición. En términos generales un retraso de adquisición puede darse ya sea por la línea misma de suministro o por una variable endógena o exógena al sistema.

El retraso de adquisición puede deberse a distintos hechos tales como: decisiones que tome internamente el administrador, o por la capacidad de pago que se tenga para adquirir por ejemplo servicios Premium y agilizar la adquisición y también externamente por la capacidad del proveedor de suplir la cantidad demandada.

Los administradores aun ordenan para reponer las perdidas esperadas del inventario y reducir cualquier discrepancia entre el inventario actual y el deseado. En presencia de un retraso de adquisición, los administradores deben también mantener una adecuada línea de suministro de órdenes pendientes, ajustándolo de tal modo que las adquisiciones estén cerca de la tasa deseada.

$$OR = MAX(0, IO) \quad [7]$$

$$IO = DAR + AS_L \quad [8]$$

Donde IO es la tasa de orden indicada.

La tasa de orden indicado se formula como un anclaje y proceso de ajuste. La tasa de adquisición deseada DAR, es el ancla donde es luego ajustada por una cantidad designada para traer la línea de suministros de ordenes pendientes en línea con su objetivo (Sternan, 2000).

#### Manufactura en la cadena de suministro

La gráfica a continuación muestra el diagrama de una estructura política para un modelo simple de una empresa manufacturera. La empresa mantiene un inventario de producto terminado y este supe las ordenes a medida que van llegando. En este modelo se asume que los clientes son sensibles a las órdenes de entrega y que la compañía en algunas ocasiones no puede abastecer la demanda inmediatamente lo que produce que los clientes busquen otras alternativas. En este modelo inicial las ordenes de los clientes son exógenas, la producción toma tiempo, el producto en proceso incrementa cuando inicia la producción y disminuye cuando se termina su proceso.

Las decisiones de control de la producción y de gestión del inventario hechas por la compañía tienen en cuenta el cumplimiento de las órdenes (determina la capacidad de cumplir con los pedidos de los clientes basado en un adecuado inventario) y la programación de la producción (determina la tasa de producción a la que comienza basado en el pronóstico de la demanda y la posición del inventario con la que cuenta la compañía, incluyendo el producto en proceso). El modelo también incluye 3 importantes retroalimentaciones. El bucle de desabastecimiento regula los envíos así como el inventario varía: si el inventario es el inadecuado, algunos elementos no estarán en él, lo que produciría una menor entrega contra las órdenes demandadas por los clientes. Por tal razón, se ajusta la producción para llegar a tener los niveles deseados en los bucles de control de inventarios y productos en proceso. En este modelo inicial no hay inventario de materiales ni limitaciones de capacidad.

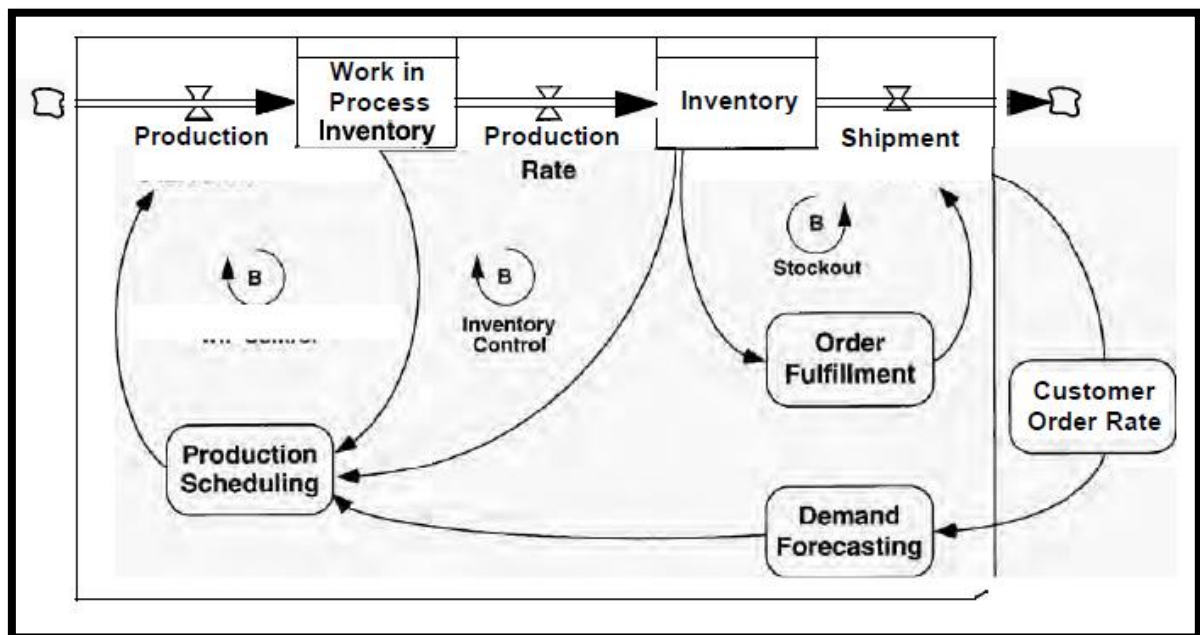


Figura 6. Diagrama Causal Explicación Modelo de Inventarios.  
Fuente: (Sterman, 2000)

## Métrica Cash to Cash

La métrica del ciclo Cash to Cash (C2C) ha sido definida como medida integral del capital de trabajo, es el intervalo de tiempo entre el gasto de compra de materia prima hasta el efectivo recibido de las ventas del producto terminado.

El Cash to Cash es importante en la medida que permite establecer el periodo de tiempo en el que una empresa debe contar con un capital de trabajo suficiente para cancelar las cuentas por pagar mientras recibe el efectivo proveniente de las ventas de productos y servicios. La disminución de esta métrica incrementa el valor neto del flujo de efectivo por lo que la empresa aumenta su liquidez. De esta forma, aumenta la utilidad y reduce costos por lo que es posible llevar a cabo inversiones adicionales en activos corrientes. Además, es posible establecer comparaciones entre empresas del mismo sector y así encontrar oportunidades de mejora.

El ciclo Cash To Cash se compone principalmente de tres variables: inventario, cuentas por cobrar y cuentas por pagar; la relación de estas variables en esta métrica es como sigue:

$$C2C = D \text{ Inventario} + D \text{ Cuentas por Cobrar} - D \text{ Cuentas por Pagar} \quad [27]$$

Días de cuentas por pagar: las cuentas por pagar son las obligaciones que la empresa tiene con sus proveedores y están asociadas a las materias primas. Los días de las cuentas por pagar se refieren a la cantidad de tiempo promedio que la empresa tarda en pagarles a los proveedores. El cálculo de este indicador se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Días de CxP} = (\text{Cuentas por pagar} / \text{Costo Mercancía Vendida}) * 365 \quad [28]$$

Días de Inventarios: con base en el balance general y el estado de pérdidas y ganancias se conocen las variables de los niveles de inventarios y la mercancía vendida, por lo que se procede a calcular la siguiente ecuación:

$$\text{Días de Inventario} = (\text{Inventario} / \text{Costo de la Mercancía Vendida}) * 365 \quad [29]$$

Días de cuentas por cobrar: esta variable mide el tiempo que a una compañía le toma colectar sus cuentas por cobrar por las ventas a crédito, nos provee información acerca de la efectividad de las políticas de la empresa para manejar cuentas por cobrar. Depende de los términos de crédito que la empresa les da a los clientes así como de la estabilidad económica y la actitud de los clientes hacia la deuda. Un alto valor de DCC significa que la empresa



está vendiendo sus productos a crédito y le toma mucho tiempo en recibir el dinero por estos productos, lo cual es muy inconveniente para las empresas.

$$\text{Días de CxC} = (\text{Cuentas por Cobrar} / \text{Ingresos Netos}) * 365 \quad [30]$$

M. Özbayrak y M. Akgün (2006) proponen una métrica desagregada de los días de inventario en tres componentes: días de materias primas, días de producto en proceso y días de producto terminado. Los autores analizan cada componente por separado, esto con el objetivo de mostrar el efecto de cada tipo de inventario sobre los días de inventario total, la forma de calcularlo viene dada por:

$$\text{Días Inv} = \text{Días Inv MP} + \text{Días Inv. WIP} + \text{Días Inv. Terminado} \quad [31]$$

Esta separación tiene sentido debido a que los costos asociados a cada tipo de inventario son diferentes, además, que estas variables desagregadas dan mayor información. Se describen a continuación sus componentes.

Días de inventario de materias primas: este tiempo abarca el periodo durante el cual, las materias primas son compradas y hasta que estas sean llevadas a procesamiento. Este indicador relaciona dos tipos de datos, el valor promedio del inventario de las materias primas (IMP) y el costo de las materias primas consumidas (CMP).

Días de inventario de producto en proceso (WIP): es el tiempo que toma la transformación de las materias primas en productos terminados. Esto se ve afectado por el diseño del producto ya que de la complejidad de las partes a procesar el tiempo requerido es mayor y puede necesitar diferentes estaciones de trabajo, lo que conlleva a un aumento en los tiempos de espera, carga y descarga, así como de transporte; otro de los factores que influyen en esta variable son las estrategias de la administración de células de operaciones cuya implementación trae consigo políticas en cuanto a la prioridad de procesamiento, longitud de la cola, tamaño de lotes, reglas de despacho, entre otras.

Días de producto terminado: es el tiempo que transcurre desde que el producto termina de procesarse hasta que el producto es entregado a los clientes.

A diferencia del trabajo de M. Özbayrak y M. Akgün (2006) en donde se desglosan los días de inventario en tres componentes, Gentry y Vaidyanathan (1998) consideran acertado dividir los días de inventario pero sin dejar de lado que entre más avanzado en el proceso (más cerca del cliente) se encuentre el inventario, mayor sería su valor, por esta razón consideran necesario ponderar los días de inventario dependiendo de la etapa donde se encuentren. En resumen, los autores proponen una medida que además de calcular los días que los fondos están atados a los inventarios, cuentas por cobrar y cuentas por pagar, como lo hace el C2C, tenga en cuenta el peso de la cantidad de fondos atados a cada segmento del ciclo C2C. Es decir, esta métrica le da un peso a esos días dependiendo de la cantidad de dinero invertida en esa etapa. El WCCC se compone de dos términos; el peso del ciclo operativo (WOC por sus siglas en inglés) y el peso de las cuentas por pagar, el primero hace referencia al peso de los fondos que están atados al ciclo operativo y el segundo mide el peso de dinero-días de los pagos de dinero hecho a los proveedores. El WCCC es el resultado de la resta del efecto de las cuentas por pagar al WOC.

#### Escenarios de planeación financiera

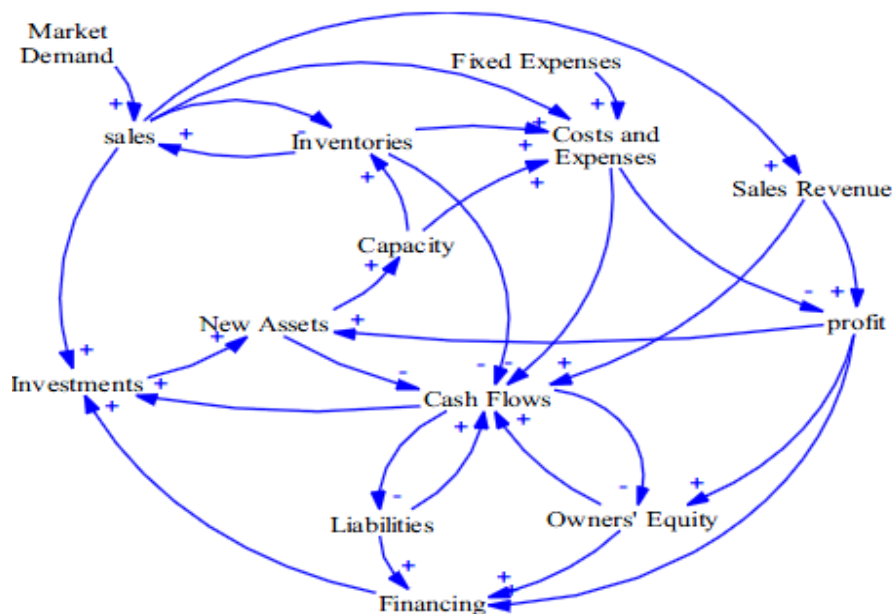
Para nuestro modelo financiero hemos tomado un documento informático como base para elaborar dicho modelo ya que este nos ayuda a orientarnos en lo que es la planificación financiera para la tomar decisiones.

La planificación financiera juega un papel muy importante en una organización para la toma de decisiones. Sin embargo, la complejidad y variabilidad del entorno del mercado y el sistema de negocio produce dificultades en la organización. Anteriormente se han creado modelos buscando proyección en diferentes escenarios pero estos tienen una baja exactitud en la planificación financiera. En este trabajo se propone un nuevo método para la construcción de un modelo de la estructura financiera basado en sistemas dinámicos.

A continuación se explica el modelo de planeación financiera basado en sistemas dinámicos:

#### Diagrama de ciclo casual

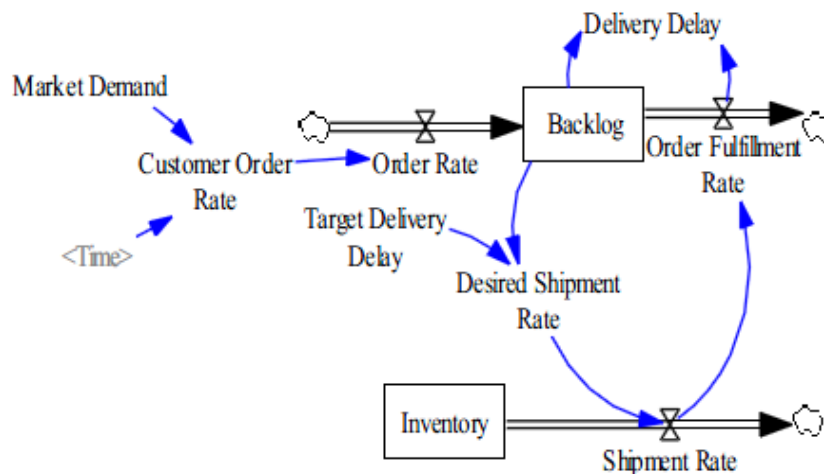
El diagrama de la relación causa efecto del modelo de predicción financiera de la empresa es complejo, con componentes que se influyen y se restringen uno en función del otro. La predicción financiera de una empresa está dividida en mercados y el subsistema de órdenes, ventas y el subsistema de cuentas por cobrar, compras y el subsistema de cuentas por pagar, subsistema de fuerza de trabajo, subsistema de la inversión, subsistema de la financiación, subsistema de ganancias y finalmente el subsistema del flujo de caja.



**Figura 7. Modelo Causal**  
Fuente: (Yingliang, Xie, 2008)

## Diagrama de inventario y flujo

La predicción de la demanda del mercado está formado por el administrador basado en la tasa real de órdenes en periodos pasados. La tasa de órdenes es la suma de la tasa de órdenes individual de cada cliente. Y el retraso es aumentado por el recibo de la tasa de órdenes y agotado por la tasa de envío.

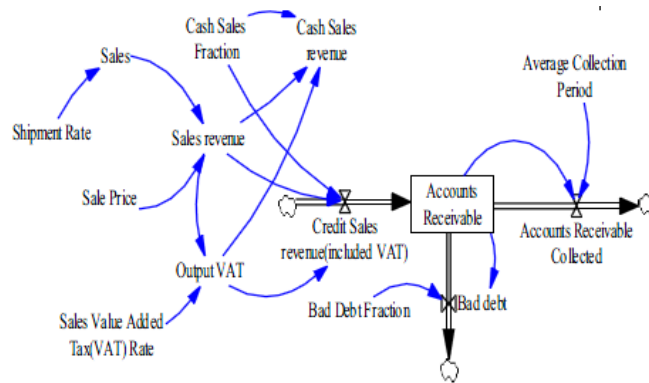


**Figura 8. Modelo Predicción de la Demanda**  
Fuente:(Yingliang & Linhai, 2008)

## Ventas y el subsistema de cuentas por cobrar

El pronóstico de ventas depende de la predicción de la tasa de envío. La multiplicación del pronóstico de ingresos por venta y la tasa del impuesto de valor de venta agregado determina el pronóstico de la producción.

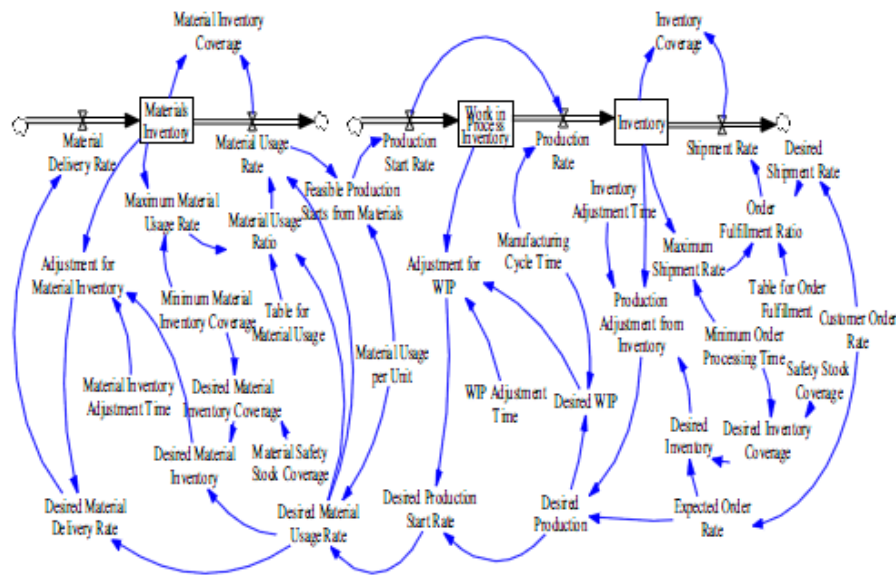
El pronóstico de entrada de efectivo depende del pronóstico de ingresos por venta, pronóstico de producción, el crédito y políticas de cobro. Las ventas se clasifican en ventas de contado y ventas a crédito. El nivel de cuentas por cobrar aumenta cuando aumentan los ingresos por venta a crédito y disminuye cuando ingresan las cuentas por cobrar. Todo esto depende de las condiciones de facturación y las políticas de crédito y cobranza de la empresa.



**Figura 9. Modelo Cuentas por cobrar.**  
**Fuente: (Yingliang & Linhai, 2008)**

### Subsistema de producción e inventario

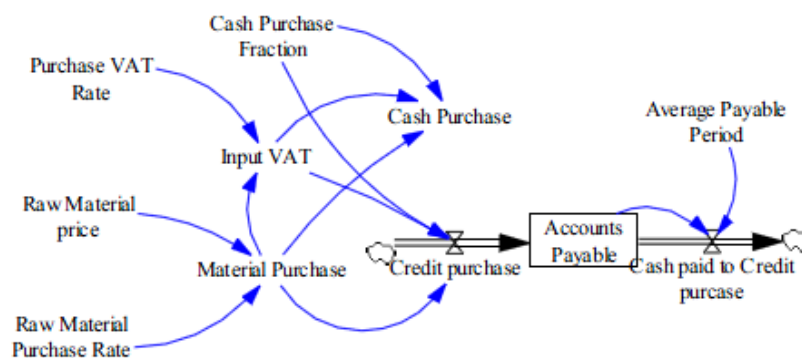
El nivel de inventario de producto terminado aumenta a medida que aumenta la producción y disminuye debido a las entregas que se hacen. El inventario deseado depende de la tasa de órdenes esperadas y la cobertura de inventario deseado, la tasa de producción deseada es ajustada por encima o por debajo del pronóstico basado en la posición del inventario. Cuando el inventario deseado es mayor que el inventario real, la producción deseada aumenta y viceversa. El nivel de inventario de producto en proceso aumenta cuando la producción empieza y disminuye cuando esta se completa. El nivel de inventario de materiales aumenta cuando se recibe material y disminuye cuando este es usado. La tasa de la entrega de material está dada por la tasa de producción y el número de materiales utilizados por unidad producida.



**Figura 10. Modelo Inventario.**  
**Fuente: (Yingliang & Linhai, 2008)**

#### Subsistema de compras y cuentas por pagar

El pronóstico de la tasa de compra de materia prima depende del pronóstico de la tasa de consumo de materia prima, la tasa del pronóstico de compra de materia prima multiplicado por el precio del pronóstico de materia prima determina el pronóstico de compra de la materia prima. Las compras se clasifican en compras de contado y compras a crédito. Por lo tanto, el nivel de cuentas por pagar aumenta por el aumento de compras a crédito y disminuye cuando se pagan las compras hechas a crédito.



**Figura 11. Modelo Cuentas por pagar.**  
**Fuente: (Yingliang & Linhai, 2008)**

El principal objetivo para realizar un modelo financiero en una compañía aplicando sistemas dinámicos, es poder analizar y comprender de manera global el comportamiento del sistema en diversos escenarios en los que se

requiera estudiar. La simulación de estos distintos escenarios, permiten a la compañía crear un tipo de laboratorio de políticas financieras para ayudar a la empresa para tomar decisiones, modificar actividades financieras dentro de ella en el momento necesario, incrementar el logro de gestión empresarial, mejorar la gestión financiera y así poder lograr los objetivos que la compañía se propone.

## 2.2. Marco conceptual

A continuación se presentan conceptos claves que permitirán al lector entender de manera efectiva el proyecto que se lleva a cabo:

- **Efectivo:** es un elemento de balance y forma parte del activo circulante. Es el elemento más líquido que posee la empresa, es decir, es el dinero. La empresa utiliza este efectivo para hacer frente a sus obligaciones inmediatas.
- **Bucle:** en programación, un bucle es un tipo de estructura de control que permite repetir una o más sentencias múltiples veces.
- **Liquidez:** es la capacidad de un activo para ser convertido el dinero en efectivo de forma rápida sin pérdida de su valor.
- **Planificación financiera:** se relaciona con el análisis de flujo de recursos, flujos de efectivo y las proyecciones financieras en una compañía.
- **Tasa de creación de vacantes:** tasa en la cual una compañía requiere un personal para la realización de un trabajo el cual aún no ha sido ocupado. Puede ser un nuevo trabajo dentro de la empresa o uno que anteriormente se requería pero que no había sido ocupado por personal.
- **Tasa de cierre de vacante:** tasa en la cual la compañía obtiene un personal el cual ocupa un puesto en la compañía que anteriormente no tenía personal.
- **Tasa de cancelación de vacante:** tasa en la cual una empresa considera quitar un puesto de trabajo el cual anteriormente si consideraba necesario en la compañía.

- **Realimentación:** para decir que un sistema se realimenta, se dice que la información dentro del sistema tiene una permanente circulación, es decir, se alimenta y se vuelve a alimentar, y así sucesivamente.
- **Realimentación negativa:** cuando hablamos de una realimentación negativa hablamos de un efecto corrector o compensatorio, es decir, auto-regula el sistema por medio de la información que circula sobre el sistema.
- **Realimentación positiva:** sucede que en el sistema se acelera ya sea el crecimiento o el declive de dicha parte. A este tipo de re-alimentación también se les llama bola de nieve ya que tienen un aceleramiento continuo sobre la parte, es decir, la acumulación de una parte constantemente. Mientras que se da la acumulación de una parte, todas las partes de las que son influenciadas por dicha parte estarán en continuo crecimiento.
- **Demoras:** En Dinámica de Sistemas se modelan muchas demoras asociadas a procesos reales, existen demoras de información, demoras de materiales, en todos los casos se refieren por lo general a tardanzas en los procesos productivos o de decisiones. Cada demora tiene asociada un orden, el cual determina la variabilidad asociada a la demora, de tal manera las demoras de orden bajo tienen alta dispersión y las de orden alto, baja dispersión.

### 2.3. Estado del arte

Es de gran relevancia darse a la tarea de investigar los esfuerzos que se han hecho hasta el día de hoy en torno a la medición del "flujo de caja" en distintos campos industriales.

Parte de la problemática en este proyecto es medir el nivel de liquidez que tiene una empresa, en base a indicadores financieros, para que así la empresa pueda tomar decisiones operacionales, administrativas y financieras. Yan-Song (2009) permite dar una visión más profunda de algunas métricas y variables, debido a que esta se ha manejado de manera muy general. Esto nos lleva un poco más allá a lo que se tenía en cuenta, puesto que al momento de agregar más elementos al modelo, se pueden obtener resultados más exactos, lo cual nos ayuda a obtener mejores conclusiones sobre el análisis que se tenga en los distintos escenarios financieros que se quieran estudiar.



Por medio de un modelo de sistemas dinámicos, el autor logra integrar muchos factores del flujo de caja que afectan la liquidez de una compañía con el fin de producir un sistema de soporte para la toma de decisiones a nivel financiero.

Para empezar el estudio del sistema de cadena de suministro (Forrester, 1961), plantea que existen tres tipos de información sobre el sistema: la estructura organizacional, los tiempos de retraso en las decisiones y acciones, y por ultimo las políticas que gobiernan las compras y los inventarios. En el caso de estudio se posee una estructura organizacional compuesta por dos empresas, una empresa es productora de sillas, y la otra empresa es la distribuidora. En este caso se están tomando dos niveles de inventarios de manera general donde se expuso que los modelos pueden ser una base para investigaciones experimentales a un bajo costo y en menos tiempo que tratando los cambios en el sistema actual, estos son determinados como sustitutos de un sistema real. El valor de dichos modelos se encuentra en que el modelo mejora el entendimiento de las características oscuras del sistema de estudio más efectivamente que si se observa desde el punto de vista del sistema real.

La estructura base de niveles y tasas de flujo parecen representar la naturaleza de los sistemas de manejo industrial. Los niveles determinan las decisiones que controlan las tasas de flujo, estas tasas de flujo causan cambios en los niveles, y tanto los niveles como los flujos se componen de seis redes que representan la actividad industrial. Los sistemas que representan dicha actividad son los flujos de materiales, órdenes, dinero, equipo de capital, personal y el sistema de información, esta última es la red que interconecta los cinco primeros sistemas.

De los seis sistemas que componen la actividad industrial, se analizaron de los modelos expuestos, el modelo de cuentas por cobrar, inventarios y cuentas por pagar, debido a que representaban en mayor exactitud la problemática que se plantea en el proyecto. El autor enuncia estas redes de las cuales una importante y básica red de la que se quiere realizar el estudio es la relacionada a la red del dinero. Donde el dinero es el flujo que se transmite a través de todos los niveles en formas de pagos y recepción de dinero. En el modelo de las operaciones de una compañía se requiere basarse en el balance general y el estado de resultado.

Las cuentas por cobrar podrían no ser dinero, aunque a través de ellas se podría observar un inventario de bienes, además ellos pueden ser llevados en la red de información estableciendo los derechos simultáneamente con el recibo de los pagos. Los precios son también información y no hacen parte de la red del dinero.

De manera general la red de dinero necesita la relación de tres tipos de flujos, entre los que se encuentran el flujo de ordenes en la cual principalmente

establecemos las ordenes de materiales, exceptuando las ordenes de tipo nuevos empleados; contratos para nuevos espacios en planta debido a que no nos compete en el proyecto de simulación aunque poseen una relación directa con el dinero que es nuestro interés de estudio a través de la métrica cash to cash.

En segundo lugar es el flujo de materiales a través de la cadena de suministro debido a la inclusión del inventario, donde se incluye todas las tasas de flujo y los stocks de bienes físicos, entre los que se encuentran la materia prima, los productos en proceso y los productos terminados. Por último necesitamos el flujo de información de la cuenta por cobrar, el cual es el precio del producto multiplicado por la tasa de flujo de materiales. El nivel de cuentas por pagar como consumidor, en el cual se necesita saber los tiempos de retrasos en los pagos y la habilidad en pagar, sin olvidar determinar la tasa de flujo de efectivo del banco de consumidor a la cuenta del proveedor. Este flujo aumenta el nivel del banco de proveedor y la información sobre la tasa disminuye el nivel de cuentas por cobrar.

La red de información es la secuencia de alternas tasas y niveles que interconectan todos los niveles, la cual está conformada por información de las actuales tasas de órdenes, que usualmente es uno de los inputs de las decisiones de órdenes en la red de órdenes.

Por último es importante resaltar que muchos modelos económicos y en nuestras actitudes para la contabilidad, a menudo hay un esfuerzo para visualizar el dinero en este central, relación interconectada a las otras partes de actividad industrial. La red del dinero no provee adecuados inputs para crear actuales decisiones gerenciales y económicas. La red del dinero constituye un resumen de transacciones pasadas y actúa como una restricción para decisiones futuras, pero no es una guía suficiente para esas decisiones.

En este trabajo, Yamaguchi (2007) trata de modelar una determinación dinámica del tipo de cambio en una macroeconomía abierta en la que los bienes y servicios que son objeto de libre comercio y los flujos de capital financiero sean eficientes para dar mejores resultados. Para este propósito se hace necesario emplear un método nuevo, contrario a métodos estándares consistentes en tratar con un sector exterior como complemento de la macroeconomía, es decir, una introducción de otra macroeconomía como un sector extranjero. Dentro de este nuevo marco de la macroeconomía, las transacciones abiertas entre los sectores nacionales y extranjeros se manejan de acuerdo con el principio de la dinámica del sistema de contabilidad desarrollada por el autor, y la balanza de pagos que se alcanza. En aras de la simplicidad de analizar dinámicos de cambio de divisas, las variables macro como el PIB, su nivel de precios y la tasa de interés se tratan como parámetros

externos. Luego, ocho escenarios se producen y se examinan para ver cómo los tipos de cambios, balanza comercial e inversión financiera, etc. responden a tales parámetros externos. A partir de esto podemos ver que las expectativas de tipo de cambio llegan a jugar un papel crucial como desestabilizador para la balanza comercial y la inversión financiera. El impacto de la intervención oficial en moneda extranjera y una ruta por defecto es también discutido por Yamaguchi, en el 2003.

La base del modelo de inventario de Sterman, 2000 fue escogida, ya que el objetivo de este es ayudar a los educadores e investigadores a establecer una medida de referencia de las personas que tienen la capacidad de comprender los elementos de la complejidad dinámica, y utilizarlos de manera efectiva todos los días. También proporciona una herramienta preliminar para medir el impacto de diversos tipos de sistemas pensando en la formación. En última instancia, la formación, la investigación evaluativa sobre la eficacia de los sistemas de pensamiento e intervenciones, deben evaluar cómo una intervención ha afectado el comportamiento de los participantes y los resultados de las nuevas políticas y medidas adoptadas como consecuencia de ello, y no sólo los cambios en sus actitudes, pensamiento y habilidades como lo refiere (Petrosky-Nadeau & Wasmer, 2011). Este es uno de los modelos financieros más completos, ya que su enfoque se dirige a la parte contable de los estados financieros, desde el estado de resultados hasta el balance general, lo cual es un aporte importante para la parte teórica y conceptual del modelo con respecto a las variables que afectan el flujo de caja y como se puede modelar éste por medio de la dinámica de sistemas sin dejar de lado parámetros indispensables.

Yingliang & Linhai (2008) Aporta el documento más importante de todo el proyecto, ya que éste, está enfocado a la parte de planeación financiera en diferentes escenarios en una empresa, por medio de la dinámica de sistemas. A partir de esto se concluyó que las variables y subsistemas definidos en el modelo dinámico concuerdan con el objetivo del proyecto, y además aportó la mayoría de las variables presentes en el modelo inicial. Debido al enfoque que este tiene en función de la planeación que se puede realizar a partir de una herramienta como la dinámica de sistemas y cómo esto ayuda al caso de estudio aplicado le da su importancia.

En resumen, el estudio de modelo de flujo de efectivo por medio de sistemas dinámicos que se ha venido realizando, ha sido de acuerdo a los enunciados (Forrester, 1961), donde Forrester quería simular todas las posibles actividades que se pueden observar en una empresa de actividad industrial. En una forma general el flujo de efectivo planteado, maneja una relación de cuatro tipos de flujos. Los flujos que intervienen de manera directa son el flujo o red de órdenes, materiales y de información, sin dejar a un lado el más importante

que es el dinero, unidad de flujo que se transmite a través de todos los niveles especialmente, en la variable de importancia “efectivo de la empresa” en formas de pagos y recepción de dinero.

No solo Forrester, muestra el efectivo de la empresa, como una caja en la que le entra y le sale dinero, así lo muestra Yamaguchi (2007), cuando intenta dinamizar las cuentas contables a través de sistemas dinámicos, representando de igual manera el efectivo de la empresa, como la variable nivel a ser estudiada. Un estudio similar es mostrado por (Yan-Song, 2009), donde estudia de manera detallada, las posibles formas de manejar las ventas y cobros de dinero que afectan las cuentas por cobrar y las diferentes formas de manejo de compras y pagos que de igual manera afectan dichas cuentas, pero maneja de una forma simplificada la información relacionada a los inventarios.

De acuerdo a los resultados encontrados, es fácil definir que el flujo de efectivo está directamente relacionado con cuentas de dinero, ya sea por pagar y por cobrar; y solo se ve reflejado con la forma en la que este dinero en físico entra y sale de la caja de efectivo de la empresa.

Además de los estudios antes mencionados como es el comportamiento dinámico de las cuentas por cobrar y las cuentas por pagar, existe el elemento inventario, que está directamente relacionado con los procesos de producción y de manejo del inventario que las empresas en estudio manejan, y afecta de una forma u otra al flujo de efectivo, pues por medio de esta son afectados las cuentas por cobrar, las cuentas por pagar, la fuerza de trabajo, y otras variables que influyen al manejo de la cartera.

En su estudio Yingliang & Linhai (2008), para el manejo de la producción y el inventario es usado el modelo de Stermán, el cual realiza una simulación de la producción de una empresa, la cual contiene el inventario en unidades en las fases del proceso de producción, cuando el producto está en Materia Prima, Producto en Proceso y Producto Terminado.

Márquez (2009) propone opciones de modelado dinámico para conectar el valor del cliente a los objetivos de negocio. Explica cómo modelos dinámicos pueden ayudar a conectar las inversiones previstas para las mejoras esperadas en la percepción de los atributos críticos de productos del cliente y por lo tanto aumentar las ventas, ingresos y participación del mercado. Con el mismo esfuerzo se puede lograr un pronóstico de la demanda del cliente y conseguir una mejor entrada para posteriores modelos de planificación de la cadena de suministro integradas. Además discute la eficacia operativa y financiera de las herramientas virtuales existentes utilizadas en la integración de la cadena de suministro. Se discute cómo el modelado dinámico puede ayudar a obtener un modelo global de integración de la cadena de suministro.

## **Capítulo 3. Modelación.**

### **3.1 Problema de simulación**

En el desarrollo de esta investigación el problema radica en desarrollar un modelo de simulación dinámica, por medio del cual sea posible explicar el comportamiento y efecto de las variables que afectan el flujo de caja o flujo de efectivo de empresas asociadas a una cadena de suministro, además, el modelo debe poder calcular la métrica Cash to Cash. Se pretende identificar la dinámica que gobierna el sistema para así poder determinar acciones afectivas que mejoren el flujo de efectivo, el modelo debe tener la capacidad de poder ser modificado en varias variables a la vez, de forma que se puedan generar políticas que afecten positivamente el flujo de caja.

En este capítulo se realizará una descripción detallada del modelo genérico a realizar y el modelo del caso de estudio.

### **3.2 Variables**

El modelo de simulación presentado aquí se convierte en la base para modelar el comportamiento del flujo de efectivo y del proceso de producción e inventario, a partir de él y modificando variables es posible modelar el caso particular de cualquier empresa. Esto es posible debido a que muchas variables pueden ser generalizadas, sin embargo cada empresa tiene políticas particulares y características propias de su naturaleza que sin duda alguna deben modificar el modelo general que aquí se presenta, básicamente el modelo podría dividirse en dos: un modelo logístico (producción e inventario) y uno de flujo de caja, según la posición en la cadena de suministro que tenga una empresa así serán las modificaciones que será necesario hacer, al igual que las operaciones que realiza, por otro lado el flujo de caja tendrá modificaciones según las políticas de funcionamiento administrativo que tenga la empresa.

### **3.3 hipótesis dinámica**

Luego de definido el problema se procede a realizar la formulación de la hipótesis dinámica, la cual presenta bucles de realimentación capaces de modificar el comportamiento y generar patrones sobre las variables en las que tienen incidencia, esta hipótesis se genera de tal forma que se puede explicar el problema a través de ella, es por eso que definir todas las variables que entran en juego en el modelo es de suma importancia, y teniendo en cuenta la premisa de que la modificación de estas variables tiene un efecto sobre la respuesta esperada en la variable de respuesta, flujo de caja en este caso, se puede hacer una configuración de forma que la respuesta esperada sea



flujos, ni permite la declaración matemática de ecuaciones o variables, es por eso que es necesario modelar en mayor detalle el sistema, de forma que agregue flujos y relaciones matemáticas. Por ejemplo la cantidad de inventario en tránsito o simplemente el nivel de inventario de seguridad, no es posible visualizarlo de manera directa en los diagramas causales, ya que estos solo muestran la relaciones más importantes y fuertes entre variables y los bucles de retroalimentación muestran solo la estructura macro del sistema. Se sobreentiende que existen costos asociados a la operación, pero no se discriminan sino hasta que se construye el modelo dinámico final, de igual forma existen otras variables que se agregaran al modelo y que seguirán una ordenación según la estructura genérica; una forma más detallada del modelo se ofrece a continuación, la cual integra un modelo logístico y un modelo de flujo de caja.

### 3.3.3 Diagrama de flujos y niveles

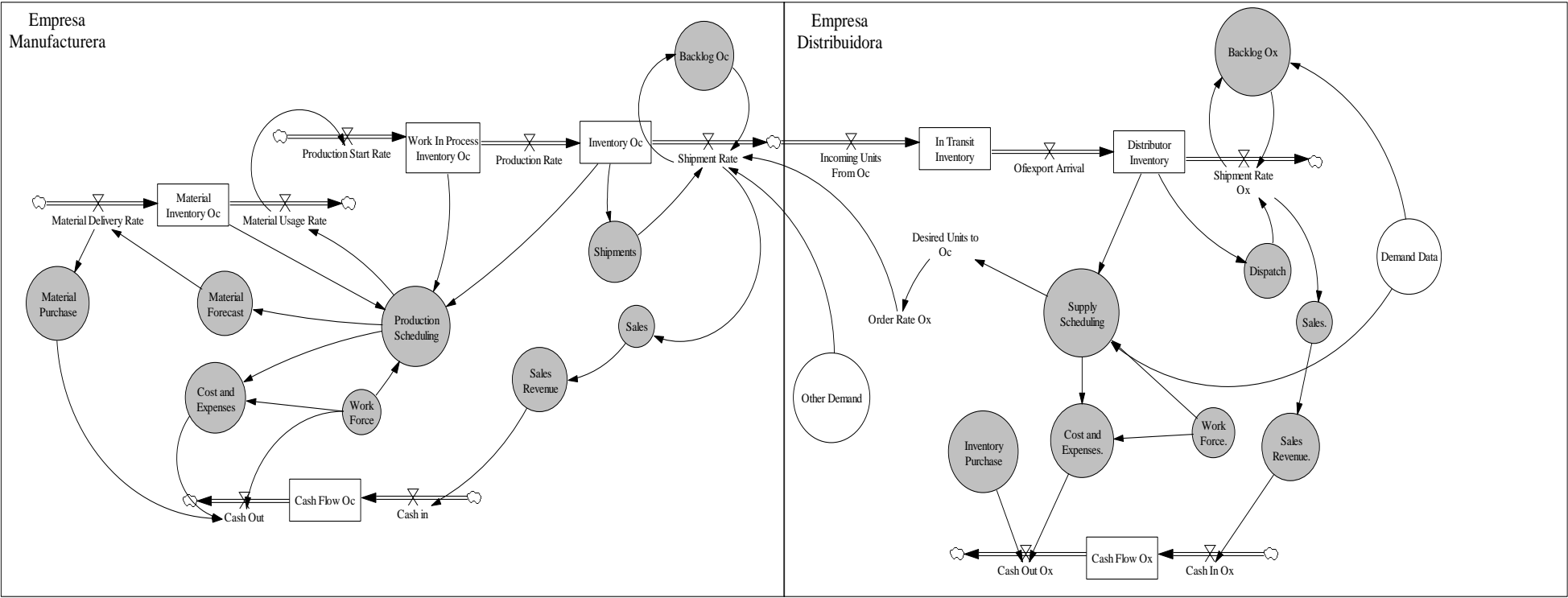


Figura 13. Diagrama de flujos y niveles de la hipótesis dinámica



El anterior diagrama causal muestra como el flujo de efectivo se ve afectado por ciertas variables, que conforman el entorno empresarial, entre estas se encuentran: compra de materiales, ventas, costos, inventarios, etc. Es decir este diagrama integra un modelo logístico y uno financiero, de forma que el lector pueda visualizar de manera general las conexiones que existen entre estos, ya que este proyecto tiene como finalidad modelar e integrar estos modelos para un caso de estudio.

En esta sección se intentará explicar el funcionamiento del modelo dinámico realizado por Sterman, el cual modela proceso de producción junto con el manejo de inventarios, es decir lo que corresponde al modelo logístico del diagrama anterior, mientras que la sección que corresponde al modelo financiero será desglosado en detalle posteriormente, al igual que otras secciones del modelo de inventarios que conforman el modelo logístico.

En la Figura 6, obtenida de Sterman (2000) capítulo 17, se muestra de manera general el funcionamiento del proceso de producción y de requisición de materiales. En este pequeño modelo se observa que el proceso de producción se encuentra afectado por variables endógenas y exógenas. Un ejemplo de variables exógenas es el comportamiento de la demanda, en cambio un ejemplo de variables endógenas son los inventarios y demás políticas de decisión. Estas variables exógenas y endógenas afectan de manera directa o indirecta a las variables de nivel, las cuales son las variables de interés.

Para la consecución del objetivo de esta investigación, es necesario determinar el modelado del proceso de producción de una empresa de manera general, para esto nos remitimos al capítulo 18 de (Sterman, 2000), donde se refiere a el modelado de sistema de producción manufacturero, y desarrolla las políticas de la estructura de inventarios que también se requiere, Figura 8.

Inicialmente como se observa en la Figura 10 se cuentan con dos niveles de inventario, el de producto terminado y el de trabajo en proceso. El de trabajo en proceso realizado como una variable de nivel se ve afectado por variables auxiliares relacionadas con la producción que dependen de los horarios destinados a esta tarea, la tasa de producción en la cual se completan esas unidades que están procesándose, disponibilidad de materias primas, mano de obra etc. y por su puesto por la demanda la cual se considera unas de las variables más importante de decisión.

En el modelo a desarrollar en el presente trabajo es necesario el uso del inventario de materia prima, el cual se agrega a los antes mencionados y trae consigo una política de requisición de materia prima para el inicio de la producción.

### **3.3.4 Modelo genérico de inventarios**

Luego de un paso por la sección anterior, ya se puede tener una visión clara de lo que es un modelo dinámico logístico, de hecho los modelos citados anteriormente, son como fichas de un rompecabezas que conforman un modelo más grande haciendo una analogía, el modelo genérico que se presenta a continuación, fue desarrollado casi en su totalidad por (Sterman,2000), y dada su confiabilidad y flexibilidad para el caso que ocupa este proyecto, se tomará como base para desarrollar los modelos de inventario y producción para la empresa manufacturera y distribuidora del caso de estudio, pero estos se analizarán en detalle posteriormente.

El modelo puede dividirse en varias secciones, para efectos prácticos se ha dividido en 4 partes, teniendo en cuenta las variables de nivel que lo conforman.

1. *Sección acumulación de ordenes (Backlog)*: esta sección modela la lógica que siguen las ordenes que se van generando para la producción, asociada a esta parte, se encuentran variables de flujo como la tasa de llegada de órdenes, las demoras asociadas en la ejecución de estas órdenes y retroalimentaciones asociadas como el cumplimiento de órdenes.
2. *Sección Inventario terminado (Inventory)*: esta parte se encarga de modelar los inventarios de materia de productos terminados, asociada a esta sección se encuentra enlazados, flujos como la tasa de entrega y la tasa de producción, además, se modelan retroalimentaciones como el control de inventarios.
3. *Sección inventario de trabajo en proceso: (Work In Process Inventory)*: en este caso se modelan los inventarios de productos semi-terminados, las variables que conforman esta sección están asociadas con el control del trabajo en proceso, entre las que se encuentran la cantidad de producción deseada o el tiempo de ciclo de las unidades producidas.

4. *Sección Inventario de materias primas (Materials Inventory)*: modela el inventario de materias primas, asociada a esta se encuentran los loops de retroalimentación de control de la cantidad de materias primas, variables de flujo como la tasa de uso de materiales o variables exógenas como la cantidad de materia prima deseada.

El modelo completo se muestra a continuación; Figura 20.

### **3.4.5 Modelo genérico de “Flujo de caja”**

Otro de los modelos importantes de esta investigación, es el que modela las variables financieras, se generó un modelo genérico, y a partir de este se desarrollaron dos modelos, uno para cada una de las empresas del caso de estudio; este modelo integra costos y gastos, cuentas por pagar, cuentas por cobrar, flujo de caja y otras consideraciones del modelo, en la sección del caso de estudio se entrará en detalle sobre cada variable del modelo. A continuación se presenta el modelo financiero de flujo de caja, Figura 215.

Las variables más importantes del modelo y que vale la pena resaltar porque engloban sub secciones de la modelación son:

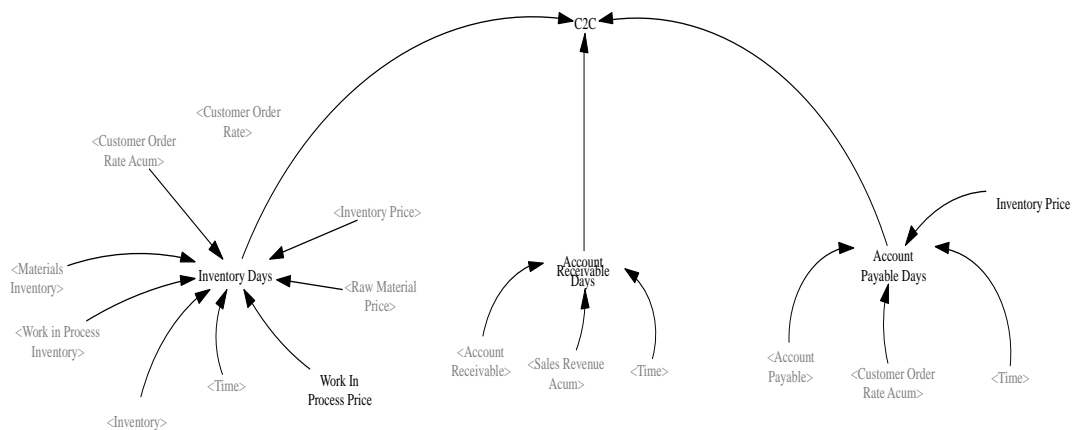
1. Cuentas por cobrar
2. Cuentas por pagar
3. Flujo de caja
4. Impuestos.
5. Costos





### 3.3.6 Modelo de Cash to Cash

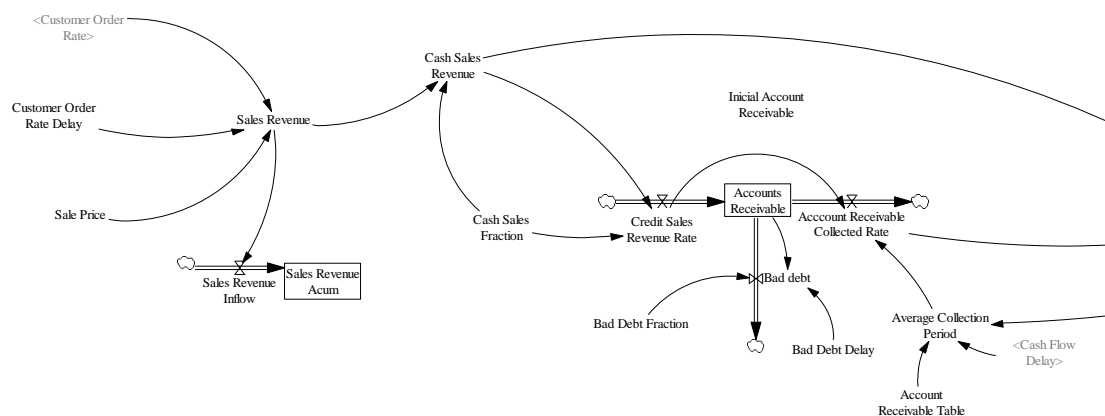
A continuación se muestra el modelo que corresponde al ciclo del cash to cash, básicamente es un modelo lineal que depende de tres variables fundamentales: días de cuentas por cobrar, días de cuentas por pagar y días de inventarios. Recordemos que la métrica cash to cash mide es el tiempo que tarda en recuperarse cada peso invertido en la empresa.



### Figura 16. Modelo del Cash to Cash

### 3.3.7 Modelo de Ventas

Se observa el modelo de **Venta de Producto terminado**, el cual se detalla a continuación:



**Figura 17. Modelo Cuentas por Cobrar**

Los ingresos por ventas están definidos como el resultado de la multiplicación de las ventas realizadas por el precio de venta, teniendo en cuenta su respectiva demora. De estos ingresos por ventas un porcentaje se recibe en efectivo y otro porcentaje se realizan a crédito, son de estas últimas donde surgen las cuentas por cobrar, las cuales se definen como pagos pendientes a causa de productos o servicios adquiridos a crédito. Algunas ventas se realizan en su totalidad a crédito, mientras que otras se realizan parcialmente a crédito, es decir, se realizan avances.

Las empresas esperan siempre que se les cancelen todos los montos acreditados, sin embargo, es común que una porción sobre las ventas nunca se haga efectiva, y esto es representado como deudas nunca pagadas en el modelo, bajo la variable de BadDebt.

### 3.3.8 Modelo de compra de materias primas: Cuentas por pagar

Otra de las partes fundamentales del modelo financiero es la modelación de las cuentas por pagar, estas son influenciadas por la compra de materia prima, que en algunos casos estarán representadas por productos terminados, mientras que en otras por materias primas que deben ser procesadas.

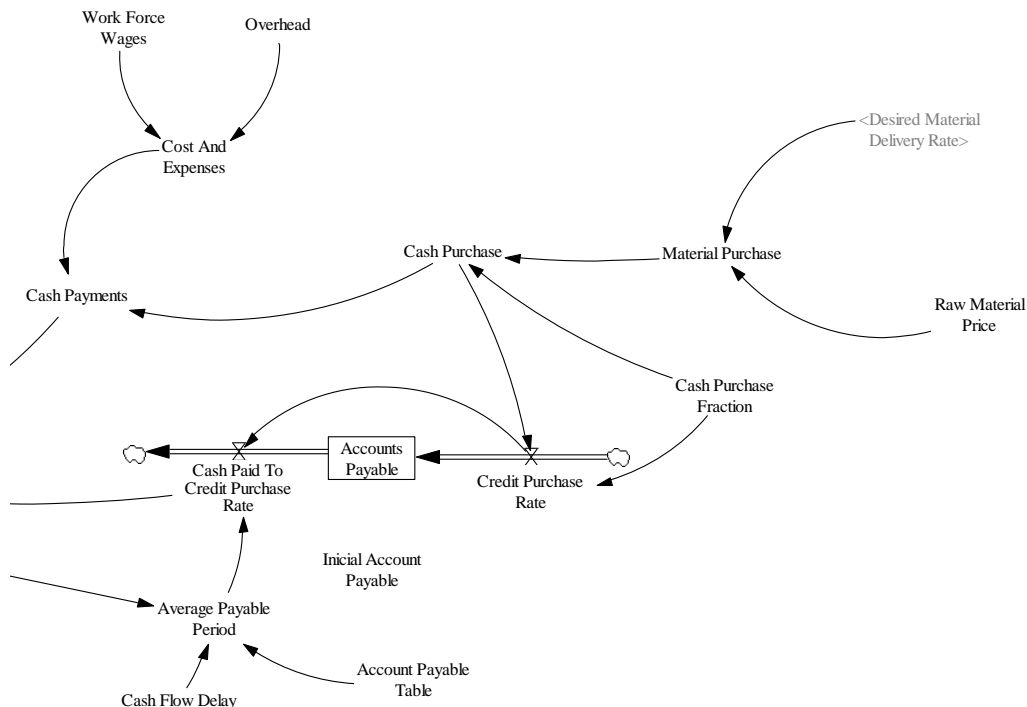


Figura 18. Modelo Cuentas por Pagar



La modelación en este caso, es similar a la de cuentas por cobrar, pero en este caso las variables de flujo asociadas son la cantidad de dinero que se acredita y la cantidad que ingresa a la empresa producto de los pagos a crédito.

La tasa de llegada de materia prima multiplicado por el precio de esa materia prima, crea una cuenta denominada como compra de materiales. De la cual una porción de ella es pagada en efectivo a proveedor y afecta directamente al flujo de salida de efectivo de la empresa, mientras que la otra porción que es pagada a crédito afecta el balance contable de las cuentas por pagar. El dinero de crédito pagado y que afecta el flujo de salida de efectivo, se obtiene a partir de la división del total de las cuentas por pagar sobre el promedio en tiempo que expende la empresa entre pagos hacia los proveedores. Este promedio de días de pago viene dado por una regla de decisión expresado en términos de una tabla el cual depende directamente del estado actual del flujo de caja.

### 3.3.9 Modelo de “Flujo de caja”

El modelo representa básicamente el estado actual de efectivo en la empresa, se observa como el flujo de efectivo o Cash Flow, se afecta directamente del dinero entrante como concepto de ventas en efectivo y pago de créditos y se afecta a su vez por la salida de efectivo la cual surge como concepto de pago en efectivo, abono de créditos y pago de impuestos.

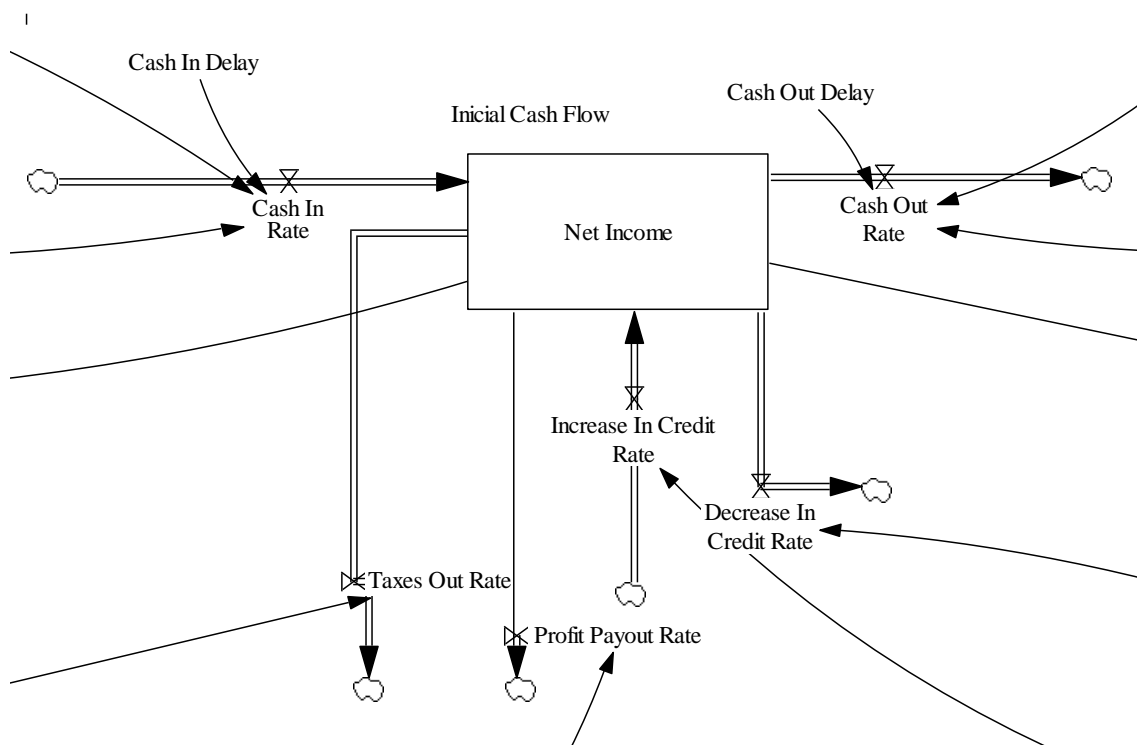


Figura 19. Modelo pago de impuestos

### 3.3.10 Modelo de impuestos

En este modelo se presenta el pago de impuestos periódicos de la compañía como concepto de los ingresos por ventas. El modelo está compuesto por una variable de nivel, la cual se encarga de acumular los impuestos generados y es disminuida de acuerdo éstos son cancelados.

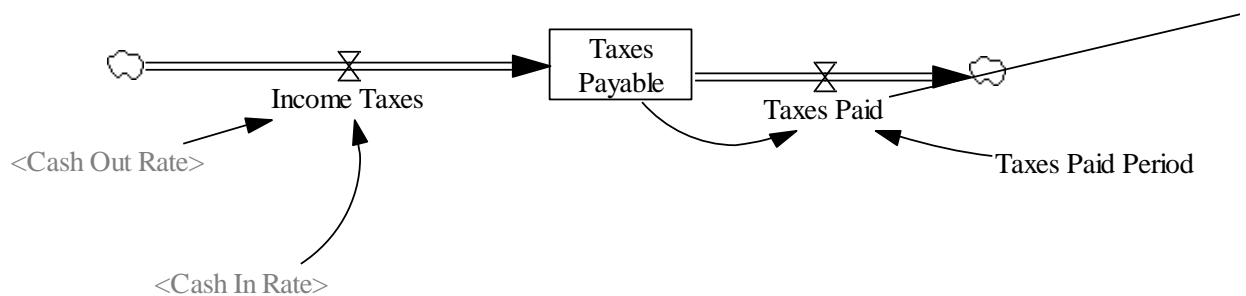
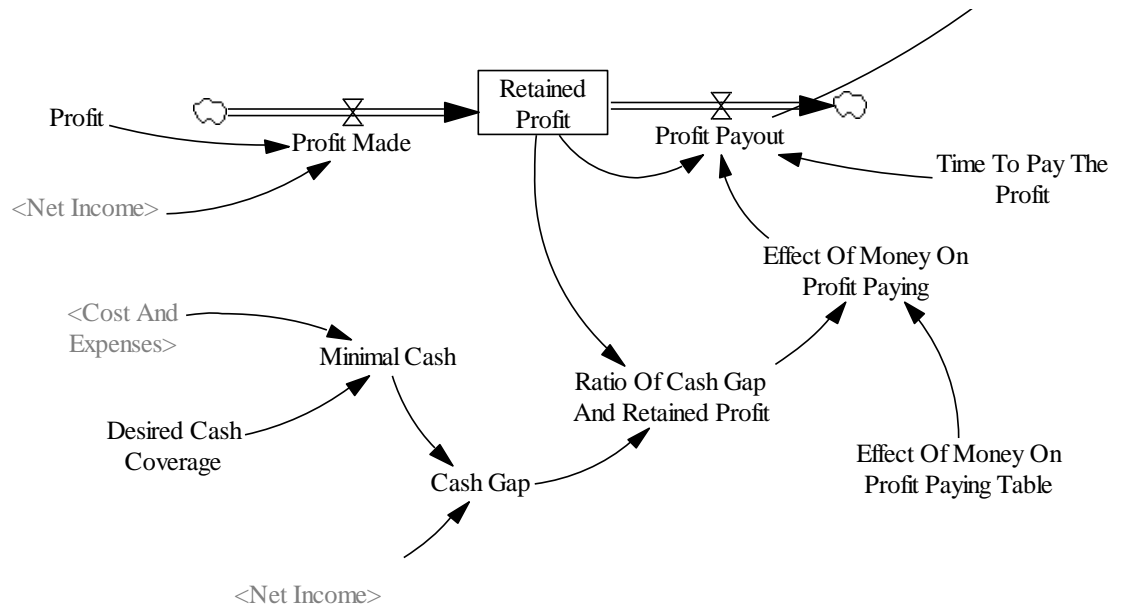


Figura 20. Modelo de impuestos

### 3.3.11 Modelo de utilidades retenidas

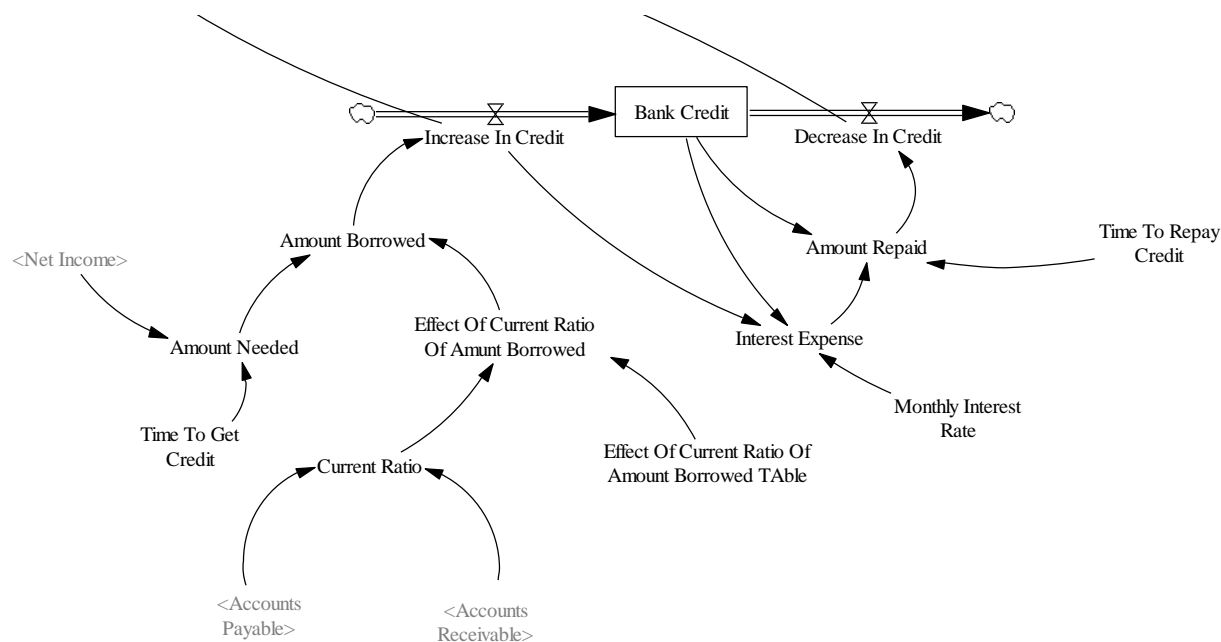
Este modelo dinámico representa la acumulación de las utilidades. Estas se acumulan de acuerdo a una tasa que viene dada por la multiplicación de los ingresos netos y el porcentaje de utilidad; estas utilidades acumuladas a su vez se disminuyen de acuerdo se van repartiendo las utilidades entre los socios.



**Figura 21. Modelo de ganancias retenidas**

### 3.3.12 Modelo de créditos bancarios

Por último el modelo de créditos bancarios representa el dinero adquirido como concepto de créditos con entidades bancarias. El modelo utiliza una variable de nivel la cual representa el saldo actual de la deuda con la entidad bancaria, el valor de esta variable aumenta a medida que ingresa dinero a la empresa proveniente de los créditos y disminuye a medida que se abonan o cancelan estas deudas con terceros.



**Figura 22. Modelo de créditos bancarios**

### 3.4 Caso de estudio

Para la creación de los modelos prácticos se realizaron varias actividades para documentar los procesos, y de esa manera poder personalizar los modelos de inventario y de flujo de caja de cada empresa. Ya que las empresas venden distintos productos, se hizo necesario escoger productos clave, ya que al final se realiza el cálculo de la métrica Cash to Cash desagregada por producto. Esta métrica es importante para analizar las mejoras que se pueden realizar al sistema para mejorar el flujo de caja, en algunos casos se convierte en un medidor para comparar las distintas políticas que se puedan generar. Debido a que se originan distintos escenarios a partir de estos modelos y se prueban distintas políticas, se debió buscar la manera de analizar cada uno de los modelos bajo la óptica de cada uno de los productos seleccionados; por tal razón se recurrió al uso de modelaciones paralelas con subíndices (subscripts)<sup>1</sup> de Vensim®.

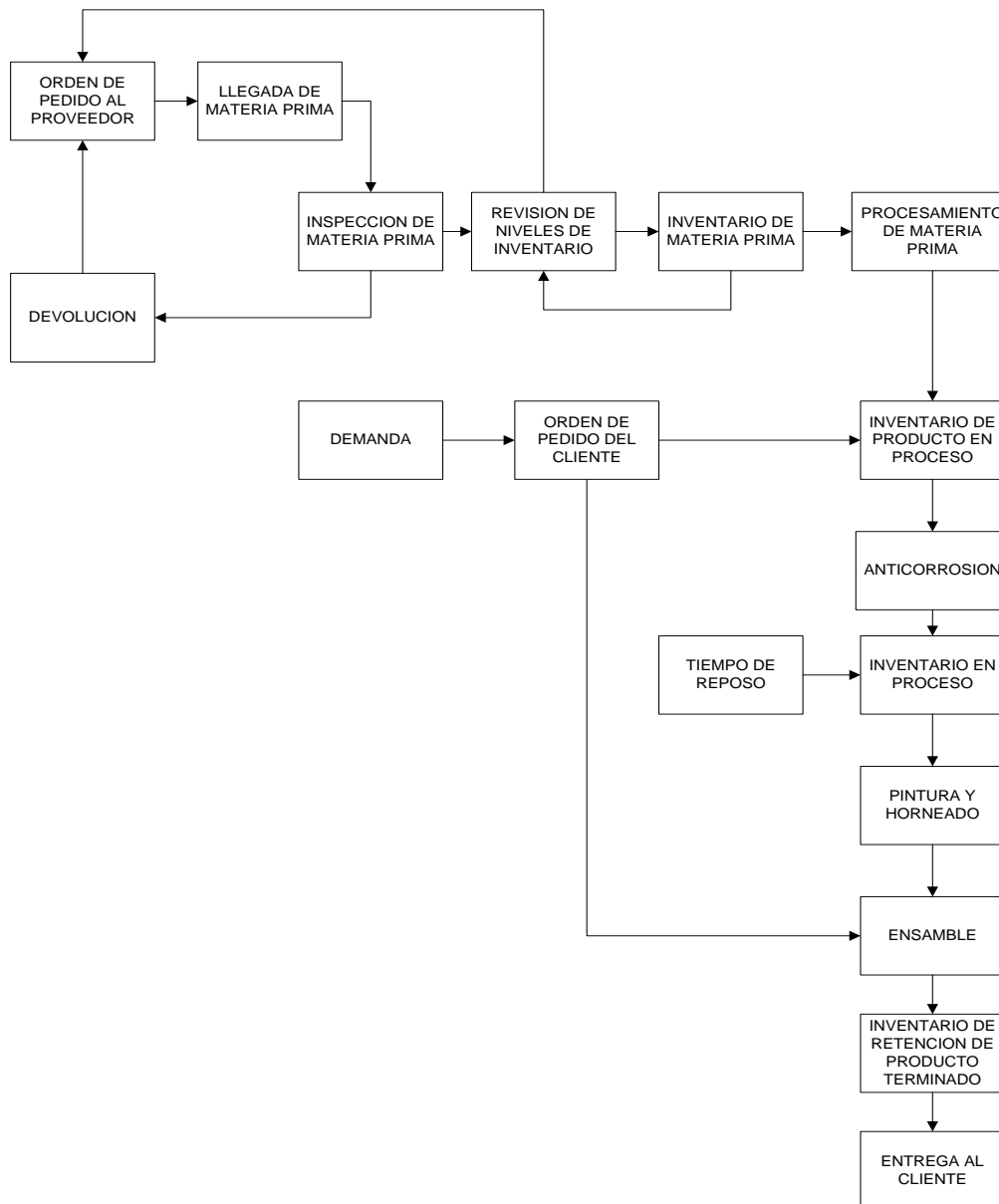
<sup>1</sup> Herramienta Subscript de Vensim: Esta herramienta permite correr un modelo bajo distintas entradas de datos, pero compartiendo las mismas variables y diseño de modelación, se debe activar uno a la vez cada producto para este caso, y de esta manera el modelo mostrara el comportamiento de las variables de nivel y demás variables para un solo producto bajo el mismo escenario. La utilidad está en que no es necesario replicar varias veces el mismo modelo para comparar distintos productos.

### **3.4.1 Generalidades del caso de estudio**

En el presente caso de estudio se emplearan los modelos genéricos antes detallados para inventario y flujo de caja, en este caso en particular se analizarán dos eslabones de una cadena de suministros: una empresa manufacturera (Oc) y un distribuidor (Ox), el cual realiza labores de ensamble en algunos casos, estas empresas pertenecen a la industria de la metalmecánica exactamente la industria de muebles de oficina como sillas o escritorios, sus principales clientes se encuentran en el sector público y privado, como colegios, alcaldías, comercializadoras, industrias, entre otros. El distribuidor es cliente casi exclusivo del manufacturero, sin embargo este último tiene múltiples clientes y las transacciones realizadas entre estos dos no son considerablemente significativas para el primero pero si muy importantes para el segundo. Las ventas que se hacen a las entidades públicas se hacen por medio de licitaciones y los pagos se hacen a largo plazo mientras que los de carácter privado son realizados en una fracción en efectivo y otra fracción a crédito, los precios de venta que ofrece el distribuidor varían según el cliente y los precios de venta del manufacturero varían según los volúmenes de venta o las existencias. En esta ocasión se estudiaran 3 productos (sillas) los cuales son; Ergon Media, Isósceles y Novaiso.

Un flujograma que puede ser usado para entender la simbiosis entre el proceso administrativo y el de producción se muestra a continuación:

MANUFACTURERA		
Nombre del Proceso: Flujograma de MANUFACTURERA	Fecha: 29 de Noviembre 2012 Pagina: 1 de 1	Dpto: Produccion
Dueño del Proceso: EMPRESA MANUFACTURERA Realizado Por: Daniel Rivera, Vanessa Fonseca, Gabriel Angulo, Jose Hernandez.		



**Figura 23. Diagrama empresa manufacturera**  
**Fuente: (Angulo, G.; Fonseca, V.; Hernández, J. & Rivera, O (2012)**

### **3.4.2 Descripción del proceso de producción en la empresa manufacturera**

Fue necesario documentar el proceso de producción de la empresa manufacturera, ya que de esta manera se puede por un lado conocer detalles que pueden ser importantes para la modelación y por el otro para contar con información que en algún momento puede ser requerida.

#### **3.4.2.1 Descripción general de la producción de sillas**

- **Etapa 1- Llegada de materia prima**

El proceso inicia con la llegada de materia prima, estas son varillas de distintas dimensiones y los componentes de las sillas. Las varillas son almacenadas al inicio de la línea de producción puesto que es la entrada inicial del proceso, por su parte los componentes de las sillas se almacenan al final de la línea.

- **Etapa 2- cortado y formado (10 seg)**

Inicialmente se toman las varillas a las cuales se le realiza un proceso de corte y formación, teniendo como referencia el tipo de silla a producir. Este proceso se realiza utilizando dos tipos de máquinas de las cuales una es semiautomática y la otra es de acción manual. Por cada varilla se cortan 10 unidades de menor longitud.

- **Etapa 3- doblado y perforación (1 min)**

Luego del proceso de formado, se procede a doblar las varillas las cuales se utilizarán como bases y espaldares para las sillas. Al finalizar el proceso de doblado, se realizan algunas perforaciones.

- **Etapa 4-soldadura (12 min)**

En esta etapa se procede a realizar el proceso de soldadura, donde se unen cada una de las varillas para formar la estructura de la silla, estas estructuras se mantienen en inventario hasta que se genere una orden de pedido.

- **Etapa 5- proceso de anti-corrosión- pintura (30 min)**

De acuerdo a las órdenes generadas, se procede a tomar las estructuras ya formadas y son llevadas a un proceso de anti-corrosión donde son sometidas a distintas pruebas químicas en cuatro tanques, posteriormente se deja reposar la estructura y son transferidas a la estación de pintura en polvo. Al terminar la pintura en polvo se someten a un tratamiento de calor en un horno.

- **Etapas 6- tapizado (10 min)**

El proceso de tapizado se realiza para el asiento y el espaldar. En el tapizado del espaldar, la espuma es traída de la bodega y cortada a la medida, una vez que la espuma ha sido cortada el operario corta la tela del color que el cliente haya elegido y a la medida de la referencia seleccionada. Ya con la espuma y tela cortadas estas son cocidas sobre una base interna que le da forma y rigidez al espaldar y asiento de la silla.

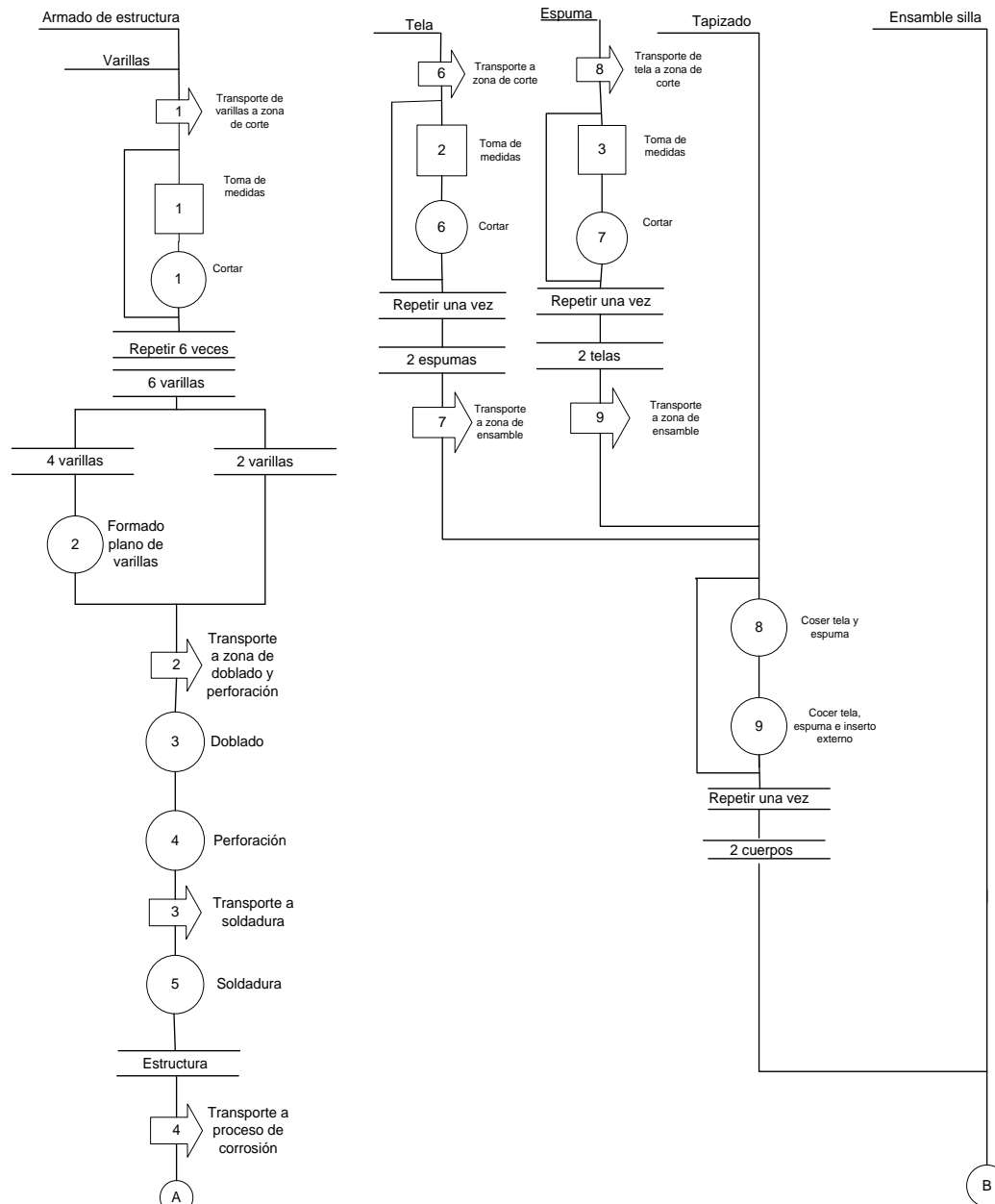
- **Etapas 7- ensamble ( 15 min )**

Una vez lista la estructura y el tapizado, estas pasan al proceso de ensamble, donde el producto es ensamblado de acuerdo al tipo de silla y al requerimiento de los clientes, en este proceso se realiza el montaje del asiento, el espaldar y el apoya brazo, si es necesario. Una vez ensambladas estas se almacenan y quedan listas para ser despachadas.



### 3.4.2.2 Diagrama de proceso silla Ergon media.

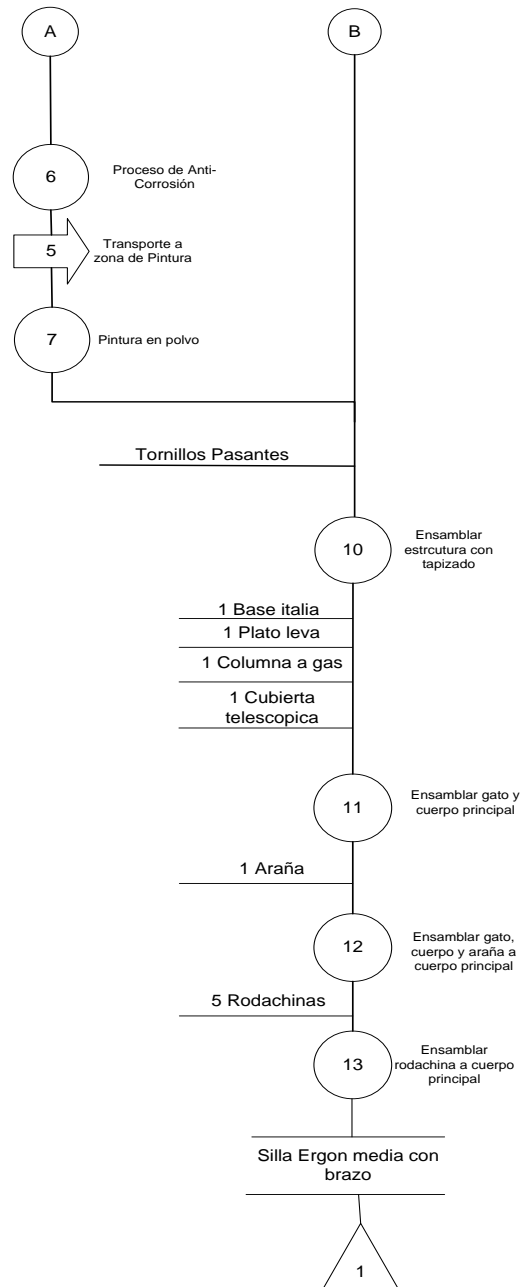
OFICARIBE		
Nombre del proceso : Diagrama de procesos de la fabricacion de la silla ergon media Y ergon alta	Fecha : 2013 Pagina: 1 de 2	Dpto: Producción Tipo : Material
Dueño del proceso : OFICARIBE		



**Figura 24. Diagrama Silla Ergon**

**Fuente: (Angulo, G.; Fonseca, V.; Hernández, J. & Rivera, O (2012)**

OFICARIBE		
Nombre del proceso : Diagrama de procesos de la fabricacion de la silla ergon media Y ergon alta	Fecha : 2013 Pagina: 2 de 2	Dpto: Producción Tipo : Material
Dueño del proceso : OFICARIBE		



3.4.2.3 Diagrama de proceso silla Tándem

OFICARIBE		
Nombre del proceso : Diagrama de procesos de la fabricacion de la silla Tandem	Fecha : 2013 Pagina: 1 de 2	Dpto: Producción Tipo : Material
Dueño del proceso : OFICARIBE		

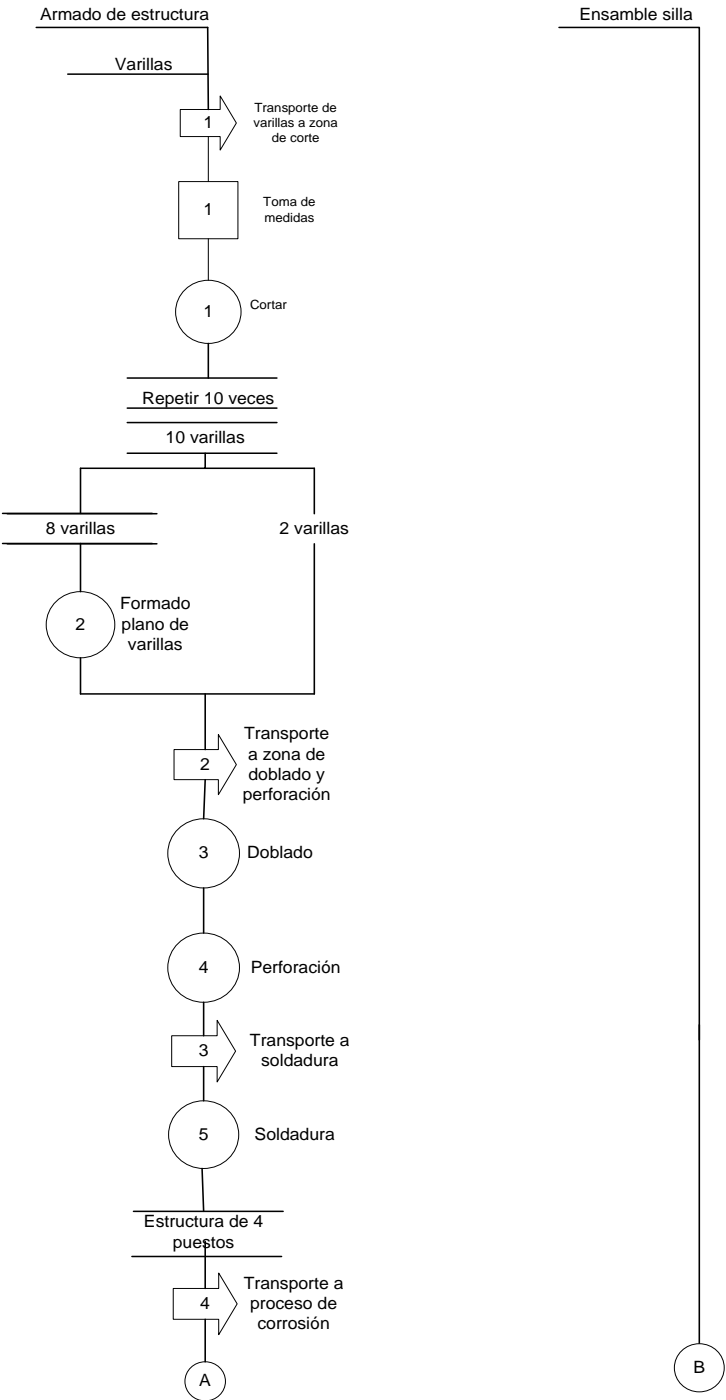
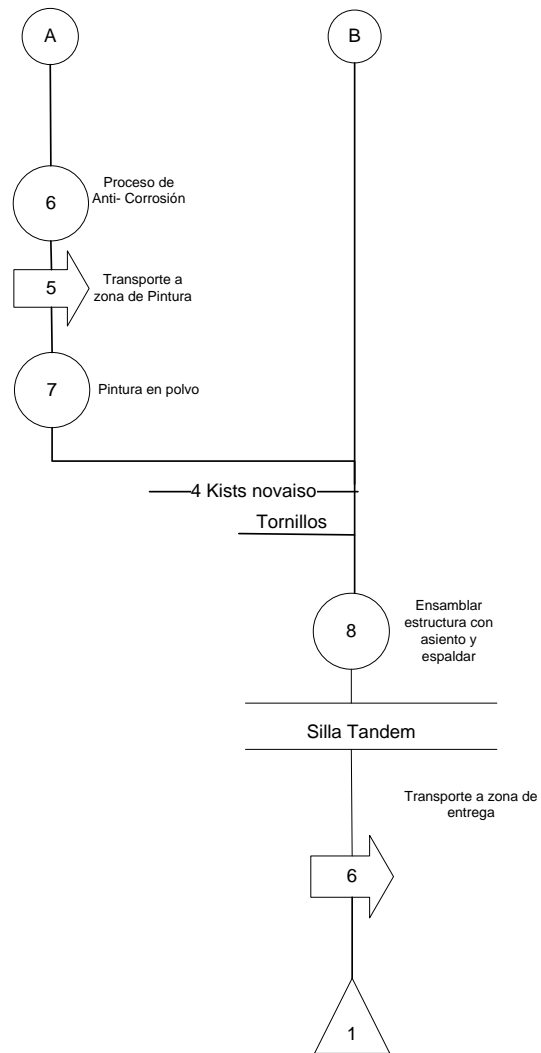


Figura 25. Diagrama Silla Tándem  
Fuente: (Angulo, G.; Fonseca, V.; Hernández, J. & Rivera, O (2012)

OFICARIBE		
Nombre del proceso : Diagrama de procesos de la fabricación de la silla Tandem	Fecha : 2013 Pagina: 2 de 2	Dpto: Producción Tipo : Material
Dueño del proceso : OFICARIBE		



3.4.2.4 Diagrama de proceso silla Isósceles

OFICARIBE		
Nombre del proceso : Diagrama de procesos de la fabricación de la silla Isósceles	Fecha : 2013 Pagina: 1 de 2	Dpto: Producción Tipo : Material
Dueño del proceso : OFICARIBE		

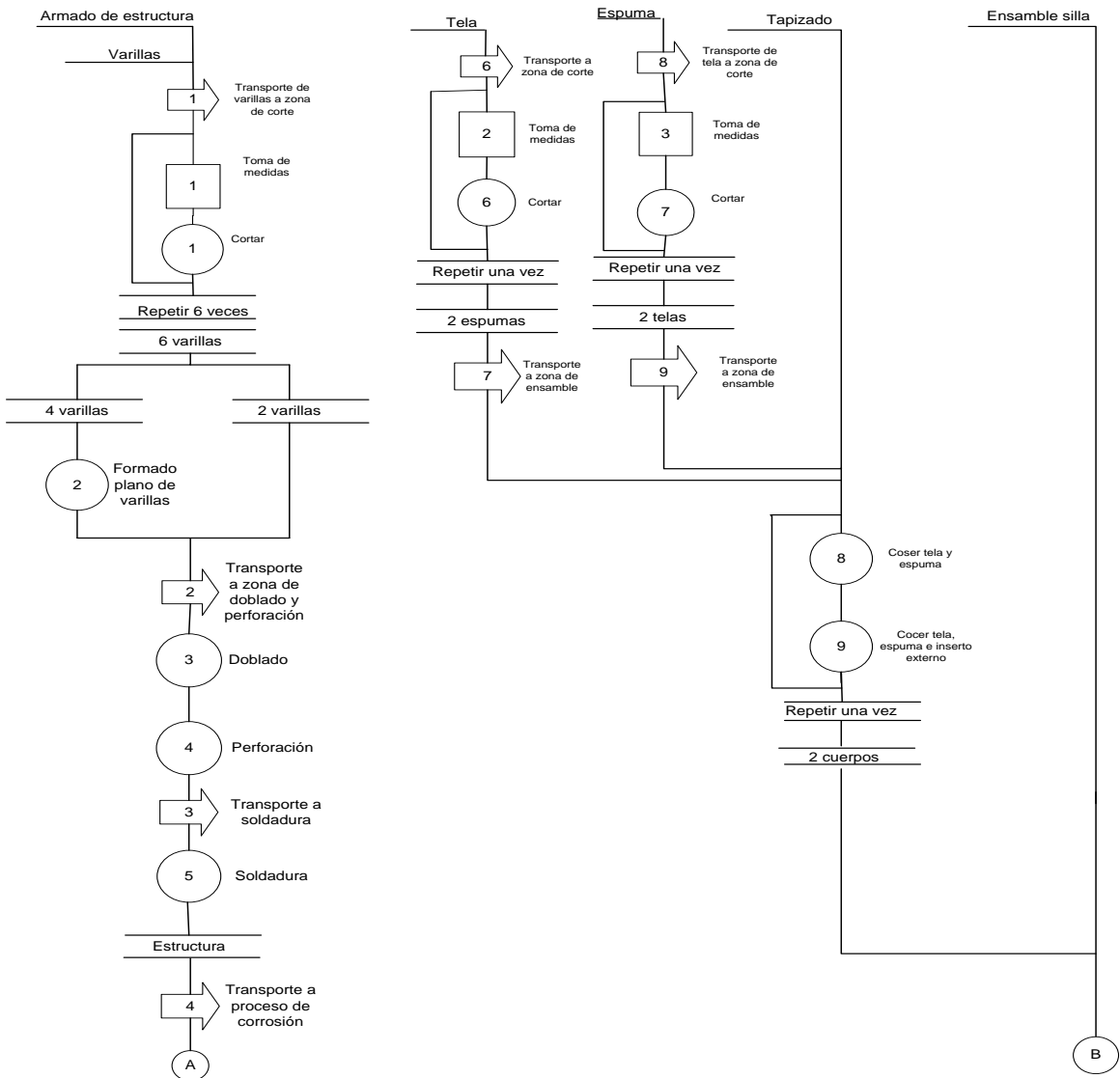
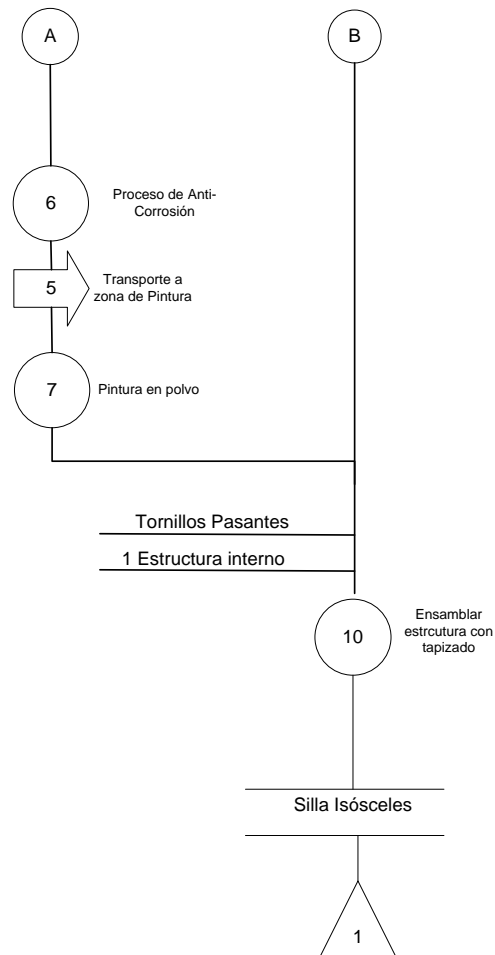


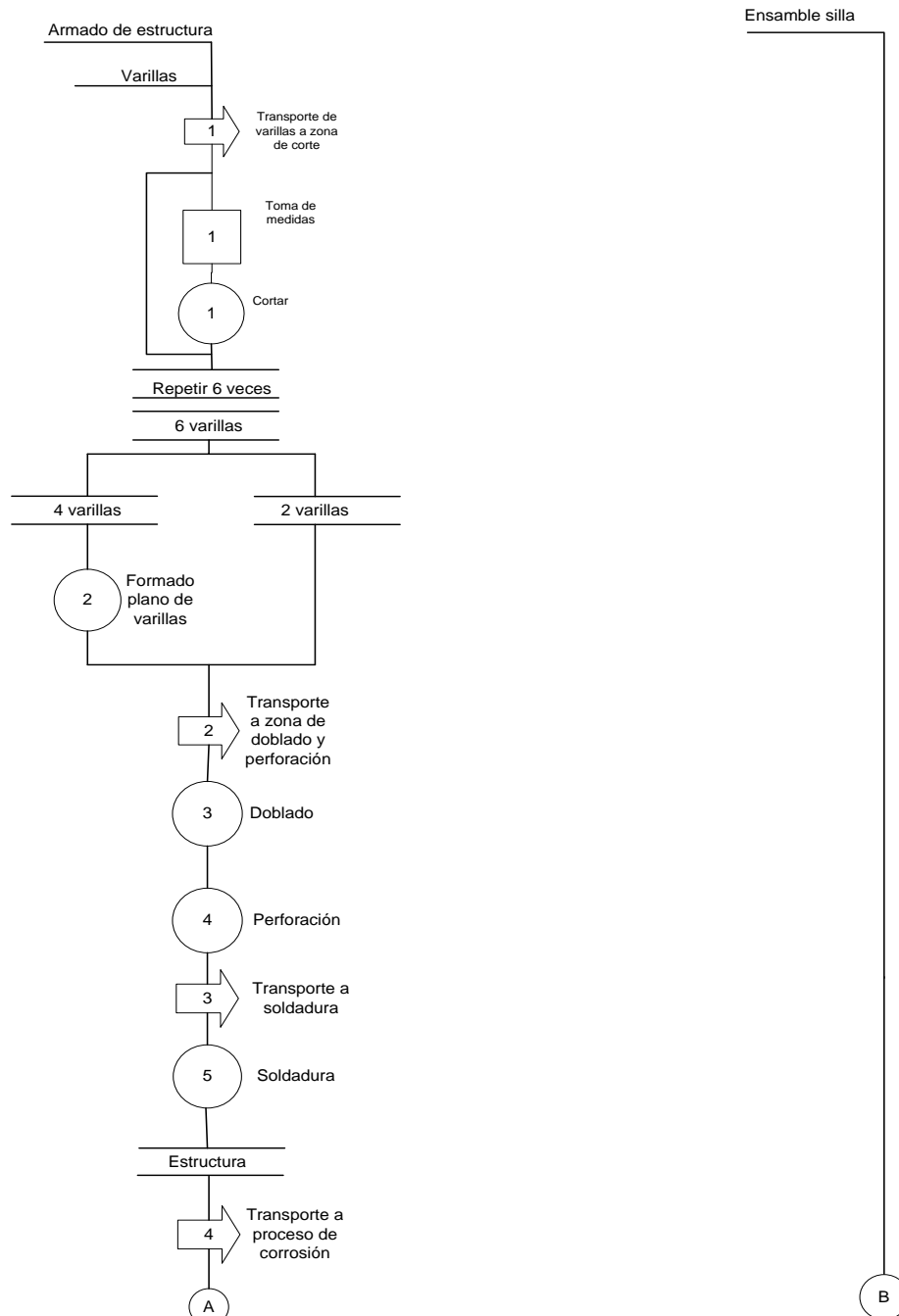
Figura 26. Diagrama Silla Isósceles  
Fuente: (Angulo, G.; Fonseca, V.; Hernández, J. & Rivera, O (2012)

OFICARIBE		
Nombre del proceso : Diagrama de procesos de la fabricación de la silla isósceles	Fecha : 2013 Pagina: 2 de 2	Dpto: Producción Tipo : Material
Dueño del proceso : OFICARIBE		



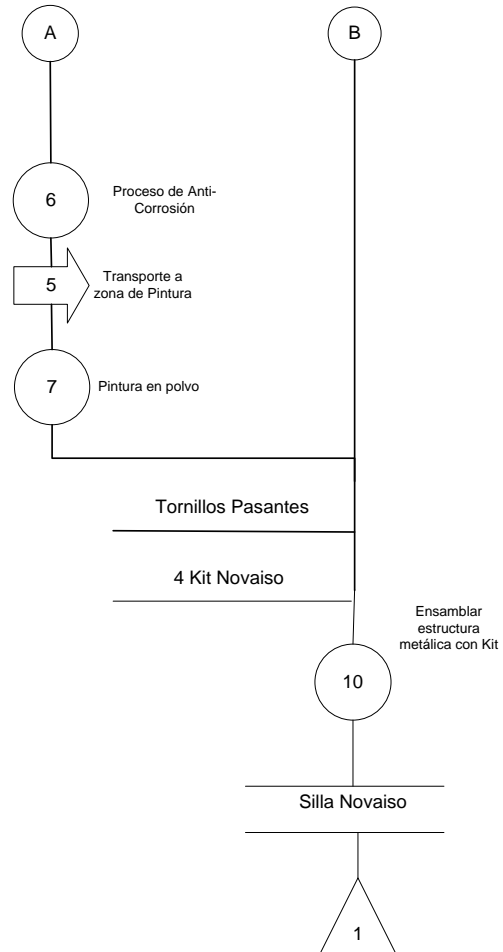
### 3.4.2.5 Diagrama de proceso silla Novaiso

OFICARIBE		
Nombre del proceso : Diagrama de procesos de la fabricación de la silla Novaiso	Fecha : 2013 Pagina: 1 de 2	Dpto: Producción Tipo : Material
Dueño del proceso : OFICARIBE		



**Figura 27. Diagrama Silla Novaiso**  
**Fuente: (Angulo, G.; Fonseca, V.; Hernández, J. & Rivera, O (2012))**

OFICARIBE		
Nombre del proceso : Diagrama de procesos de la fabricación de la silla Novaiso	Fecha : 2013 Pagina: 2 de 2	Dpto: Producción Tipo : Material
Dueño del proceso : OFICARIBE		





### **3.4.3 Descripción proceso de producción empresa distribuidora**

La empresa distribuidora se encarga del suministro de muebles y divisiones de oficina. La cual cuenta con un amplio portafolio de productos. Dentro del sector de muebles la empresa distribuidora cuenta con dos divisiones; sillas de oficina y sillas especiales. Las sillas de oficina se dividen en 4 grandes líneas que son ejecutivas, secretariales, interlocutoras y tándem, por su parte las sillas especiales se dividen en cafetería, auditorio, universitarios y biblioteca. El mayor movimiento de demanda en esta línea de productos se da por parte de las sillas de oficina entre los cuales se destacan productos como el NOVAISO y ERGON. Esta empresa en algunas ocasiones no solo comercializa sino que ensambla los productos, ya que el transporte desde el proveedor hasta el centro de distribución se hace de mejor forma cuando las sillas se encuentran desarmadas, puesto que de esta forma es más fácil apilarlas y ocupan menos espacio dentro del transporte.

Dentro del sector de divisiones de oficina la empresa maneja igualmente una alta variedad de productos dentro de los cuales encontramos diferentes familias como lo son: mesas de juntas, recepciones, salas de informática, puestos de trabajo, línea arquitectónica, divisiones y sistemas de archivos; las líneas más destacadas dentro de este sector de productos manejados por la empresa son los referentes a archivadores y a puestos de trabajo, la actividad comercial principal es la comercialización más que el diseño, ya que esta empresa solo ensambla en algunas ocasiones y los diseños por ejemplo de los puestos de trabajo se hacen a medida en ciertas ocasiones, pero es un proveedor quien realiza esta labor, la empresa cuenta con alrededor de 10 proveedores entre los cuales se encuentran proveedores nacionales y locales. Cada proveedor con el que cuenta la empresa posee tiempos de respuesta diferentes, por lo cual la empresa tiene tiempos de entrega diferentes dependiendo del producto solicitado.

Al momento en que se genera una orden de compra, se verifica que se cuente con existencias en el almacén, en caso contrario se genera un pedido a un proveedor, usualmente estos responden rápidamente, en especial el proveedor principal Oc, al llegar el pedido, este viene empacado por partes y es entonces cuando se realiza el ensamble, previo a una inspección de calidad. La entrega del pedido varía de acuerdo con la disponibilidad de partes en inventario por parte del proveedor y la programación de la producción de las partes que son fabricadas; cuando un producto presenta defectos en una de sus partes se hace una solicitud para cambio, además, el distribuidor ofrece el servicio de venta de partes o suministros.

El gerente de la empresa asegura realizar los pagos a proveedores los días viernes, siempre y cuando se llegue a una cantidad acumulada pactada con

anterioridad, sin embargo en épocas del año los proveedores pueden pujar hacia el pago rápido y en otras épocas el distribuidor es más lapso y se toma más tiempo para pagar, al parecer según la oferta y demanda del momento.

Ox cuenta físicamente con 2 zonas de almacenamiento de materia prima, una de ellas destinada para guardar las partes pequeñas como los kits, bases, tornillos, espaldares, insertos y otra para las partes grandes como las láminas de espuma y de madera; la empresa mantiene stock de espumas con un total de 36 láminas y de 8 a 10 láminas de madera. No se tiene identificado un punto de reorden fijo para las espumas. Las láminas de madera se piden cuando quedan 4 aproximadamente, sin embargo la demanda juega un papel decisivo a la hora de hacer pedidos de materias primas.

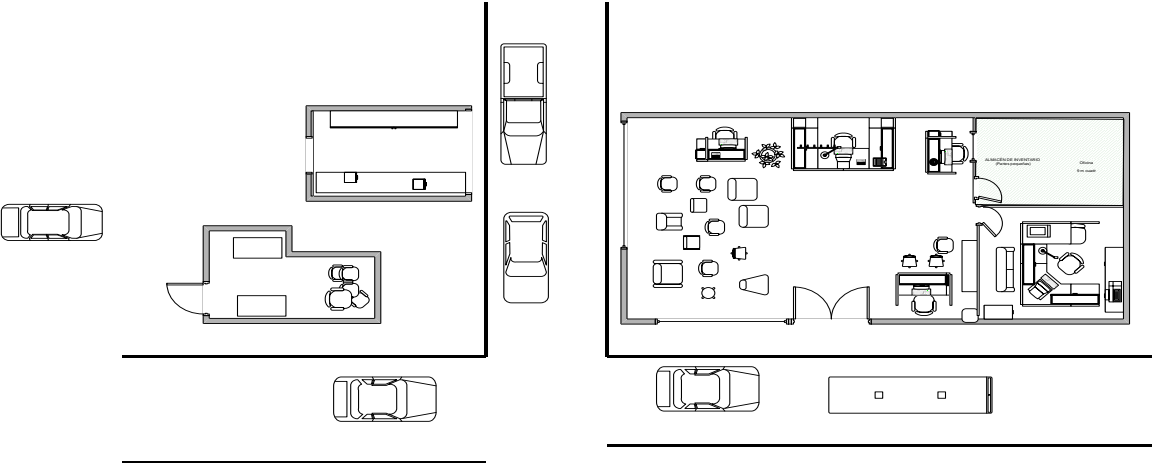
La política implementada por la empresa es mantener 20 unidades de referencia Novaiso y 20 unidades de referencia Ergon en inventario, lo cual llega en ocasiones a ser insuficiente, sin embargo esta empresa cuenta con el padrinazgo de un proveedor con gran capacidad que casi en la totalidad de las veces es capaz de cubrir la demanda, prácticamente las existencias para el distribuidor son ilimitadas y los tiempos de respuesta de su proveedor principal son considerablemente bajos, llegando incluso a gestionar envíos desde el proveedor al cliente, este padrinazgo entre empresas se debe a vínculos familiares que existen entre los propietarios de las empresas, lo cual genera una fuerte colaboración en estas compañías, lo que es notorio sobre todo en los tiempos de pago por parte del distribuidor.

La empresa tiene sistematizada la información de inventarios y ésta se actualiza a medida que se generan órdenes de compra, sumado a esto se realizan cada 15 días revisiones de inventarios para verificar la información que el sistema arroja. A partir del control de inventario se generan las órdenes de pedido de material a los proveedores. En la empresa no se maneja inventarios de producto terminado prácticamente, debido a las restricciones de espacio con las cuales se cuenta, el producto terminado se reduce a las existencias de mostrador.

Dependiendo del tamaño del pedido así se gestiona la forma de entrega, en ciertas ocasiones se hacen entregar al cliente en un punto acordado o en otras el cliente recoge el pedido en las oficinas del distribuidor, los tiempos de espera para la entrega usualmente cambian obedeciendo al tamaño del pedido y de las existencias en inventario, usualmente las líneas arquitectónicas y los escritorios personalizados tardan más tiempo.

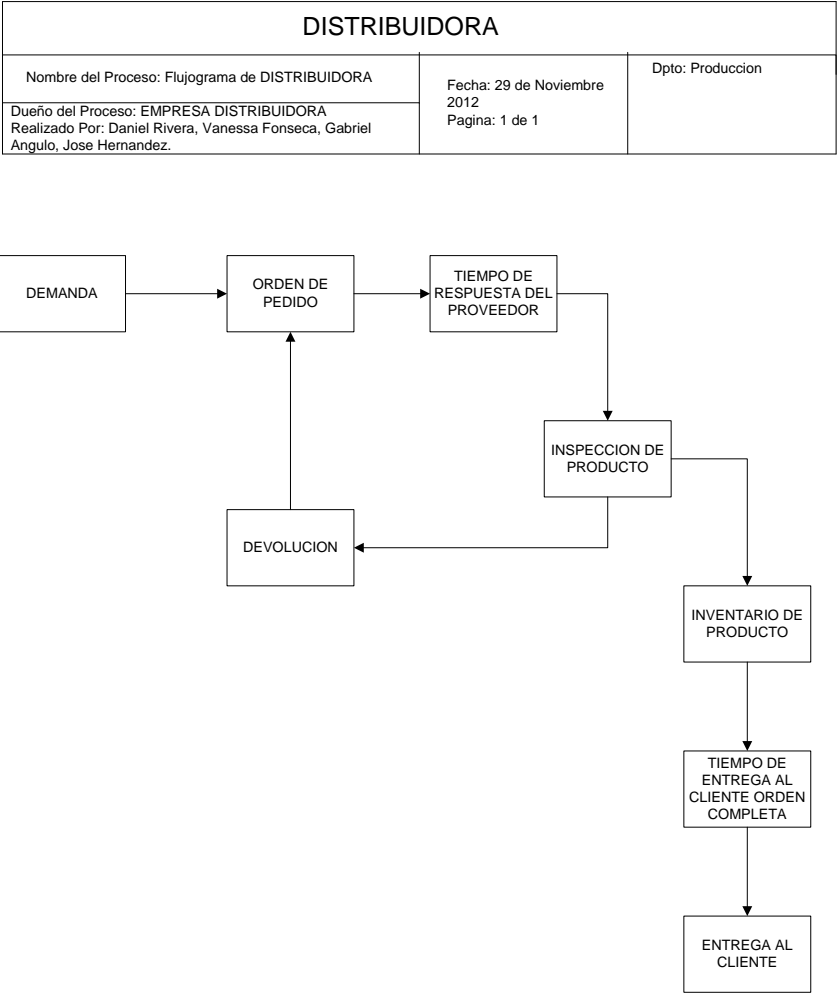
Los clientes de la empresa después de realizar la inspección de su pedido tienen la posibilidad de devolver productos que identifiquen como no conformes, pero estos usualmente son cambiados rápidamente, en los casos en que las partes no se encuentran disponibles él se da en préstamo un

artículo similar al cliente mientras se realiza el cambio; a continuación se presenta un esquema de las instalaciones de Ox.



**Figura 28. Plano de la empresa**  
**Fuente: (Angulo, G.; Fonseca, V.; Hernández, J. & Rivera, O (2012)**

Un flujograma útil para entender la forma en que se gestiona un pedido se muestra a continuación.



**Figura 29. Diagrama de proceso de una empresa distribuidora**  
**Fuente: (Angulo, G.; Fonseca, V.; Hernández, J. & Rivera, O (2012)**

### 3.4.4 Modelo de Inventario del caso de estudio, empresa distribuidora.

En esta sección se detallará el modelo dinámico de inventarios para la empresa distribuidora, el cual se ha desarrollado a partir del modelo genérico de inventarios que anteriormente se presentó. El modelo presenta cambios sustanciales debido a que la empresa distribuidora tiene políticas administrativas y financieras particulares que debían ser modeladas para garantizar que el modelo simulara el comportamiento real de la empresa.

La metodología que se empleará en esta sección consiste en explicar el modelo por secciones, mostrando cada una de las ecuaciones asociadas y la política que en la actualidad se realiza en la empresa. Para observar el modelo con sus distintas secciones en conjunto remitirse a los Anexos.

- I. **Sección acumulación de órdenes (Ox Backlog):** esta sección modela la lógica que siguen las órdenes que se van generando para la producción, asociada a esta parte, se encuentran variables de flujo como la tasa de llegada de órdenes, las demoras asociadas en la ejecución de estas órdenes y retroalimentaciones asociadas como el cumplimiento de órdenes.

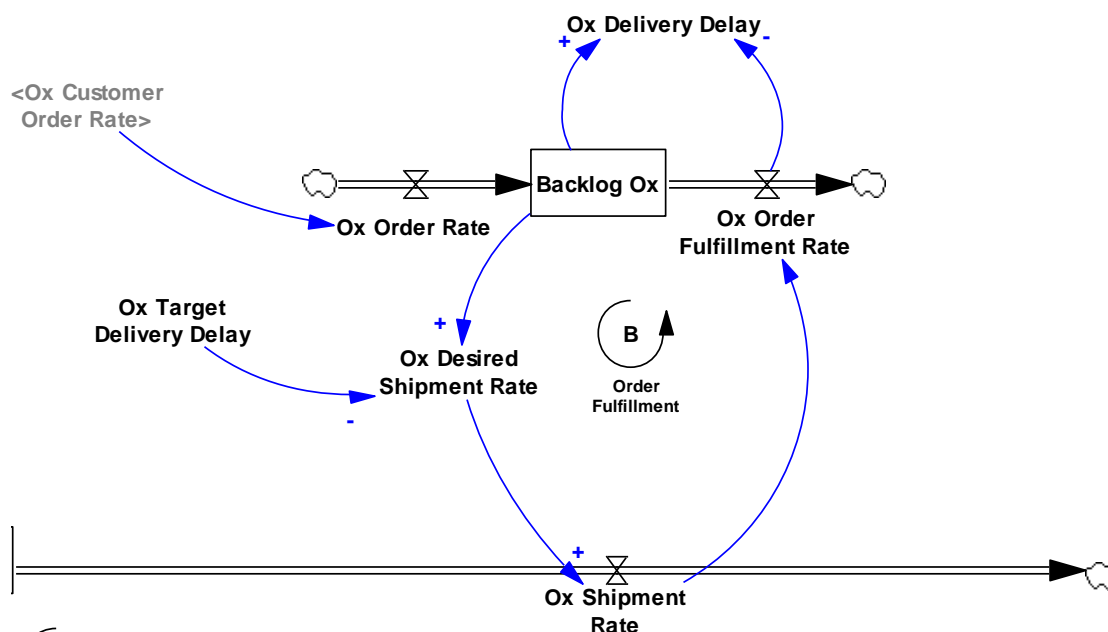


Figura 30. Sección de acumulación de órdenes, modelo inventario Ox

Importante destacar el bucle de retroalimentación positiva que se ha llamado, Order Fulfillment, que representa la relación creciente que existe entre la tasa creciente de entrega, recepción de pedidos y la tasa de entrega, encontrándose la relación creciente, que se muestra similar a lo que Sterman llama una relación bola de nieve.

La representación matemática de las variables que representan este modelo se muestra seguidamente, sin embargo es relevante mencionar la definición de algunas variables.

**Backlog Ox (widgets):** es una variable de nivel y representa la acumulación de órdenes de compra, que se van atrasando.

**Ox Shipment Rate (widgets/Day):** representa la tasa de envío de productos a los clientes.

**Ox Order Fulfillment Rate (widgets/Day):** es la tasa de entrega y depende de la tasa de envíos a los clientes o el Shipment Rate Ox.

**Ox Costumer Order Rate (Widgets/Day):** esta variable representa la tasa de órdenes de pedido que le llegan a empresa distribuidora. Para modelar esta variable se ha obtenido una serie histórica de datos desde el primero de septiembre del 2010 hasta el 25 de agosto del 2012, última fecha de la que se tiene información de la empresa. El programa de simulación Vensim, requiere exportar información contenida en una tabla de Excel a través de la función 'GET XLS DATA'. Este Libro contiene la información de la demanda diaria de los 3 productos escogidos para el estudio.

**Ox Order Rate (widgets/Day):** es igual que la variable Costumer Order Rate, es necesaria esta complicación ya que la segunda es una variable sombra y la utilidad de estas es que pueden ser usadas múltiples veces incluso en distintos modelos.

**Ox Target Delivery Delay (Day):** este es el tiempo que tarda la empresa en enviar sus productos al cliente, para los 3 productos seleccionados de manera independiente, ya que por efectos de volumen y otros factores pueden ser distintos, sin embargo en este caso son 6 días para todos.

**Ox Delivery Delay (Day):** determina el tiempo efectivo que ha tardado un pedido desde su radicación hasta ser enviado exitosamente, esta tasa a la larga se convierte en una demora en el sistema.

**Ox Desired Shipment Rate (widgets/Day):** es la tasa de envío deseada y está determinado por la cantidad de pedidos acumulados sobre el tiempo que demora en enviar cada pedido.

$$Ox \text{ Backlog} = \int (Ox \text{ Order Rate} - Ox \text{ Order Fulfillment Rate}) dt \quad [27]$$

$$Ox \text{ InitialValue} = Ox \text{ Order Rate} * Ox \text{ Target Delivery Delay} \quad [28]$$

$$Ox \text{ Orderrate} = Ox \text{ Customer Order Rate} \quad [29]$$

$$Ox \text{ Orderfulfillment rate} = Ox \text{ Shipment Rate} \quad [30]$$

$$Ox \text{ Deliverydelay} = \frac{Ox \text{ Backlog}}{Ox \text{ Order Fulfillment Rate}} \quad [31]$$

$$Ox \text{ DesiredShipment Rate} = \frac{Ox \text{ Backlog}}{Ox \text{ Target Delivery Delay}} \quad [32]$$

$$\begin{aligned} Ox \text{ Shipment Rate} &= MIN(Ox \text{ Desired Shipment Rate}, Ox \text{ Maximum Shipment Rate}) \\ &+ (Ox \text{ Desired Shipment Rate} * Ox \text{ Order Fulfillment Ratio} * 0) \end{aligned} \quad [33]$$

II. **Sección Inventario terminado (Ox Inventory):** esta parte se encarga de modelar los inventarios de productos terminados, existen dos bucles asociados a esta sección, el primero conocido como control de inventarios (Inventory Control) es un bucle de retroalimentación negativa y se encarga de balancear el sistema de inventarios, evitando que estos alcancen niveles desproporcionados, ya que genera un balance entre la cantidad de inventario de un momento dado y la cantidad de producción que es posible maquinar en ese instante, este bucle se apoya de otras variables como el tiempo de ciclo, el cual limita la cantidad de productos que se terminan por instante de tiempo.

Otro bucle asociado a la sección de inventarios es el llamado Stockout, este es un bucle de retroalimentación positiva o bola de nieve, el cual incentiva la salida de productos terminados del sistema.



**Ox Maximum Shipment Rate Ox (widgets/Day):** la cantidad máxima de envíos por día es la relación de la cantidad de inventario final que posee la empresa, sobre el tiempo mínimo que maneja la empresa para dejar listo un pedido.

**Ox Order Fulfillment Ratio (widgets/Day):** la fracción de envíos al cliente está determinada por la tabla de máximo envío que depende del nivel de inventario, sobre la tasa deseada de envíos.

**Ox Table For Order Fulfillment:** esta tabla fue diseñada para restringir el envío de productos terminados al cliente dependiendo de la disponibilidad de inventario final, a través de una fracción que depende del nivel de inventario.

**Ox Safety Stock Coverage (widgets/Day):** la cobertura del inventario de seguridad para materia prima, está determinada como el tiempo que a la empresa le gustaría mantener en inventario de seguridad contra la posibilidad de variaciones de la demanda, la escasez de material impide el inicio de producción y retrasos en los envíos de la demanda.

Debido a la rapidez la producción de la empresa distribuidora requiere pocos minutos en los ensambles por producto, se ha calculado que la empresa distribuidora requiere 0.71, 0.71, 0.71 días por producto en el orden antes establecido.

**Ox Minimum Order Process Time (Day):** esta variable es el tiempo requerido para procesar y enviar una orden de pedido al cliente. Según información de la empresa este tiempo consta de dos días en promedio, por cada pedido de cada producto.

**Ox Desired Inventory Coverage (Day):** la cobertura del inventario deseada, es el número de días que la empresa busca mantener en inventario. Representado por el inventario de productos más el inventario de seguridad de cada producto.

Otra Sección del modelo que contiene una variable de nivel y que está asociado al modelo de inventario es la modelación de la tasa de ordenes esperadas (Ox Expected Order Rate)



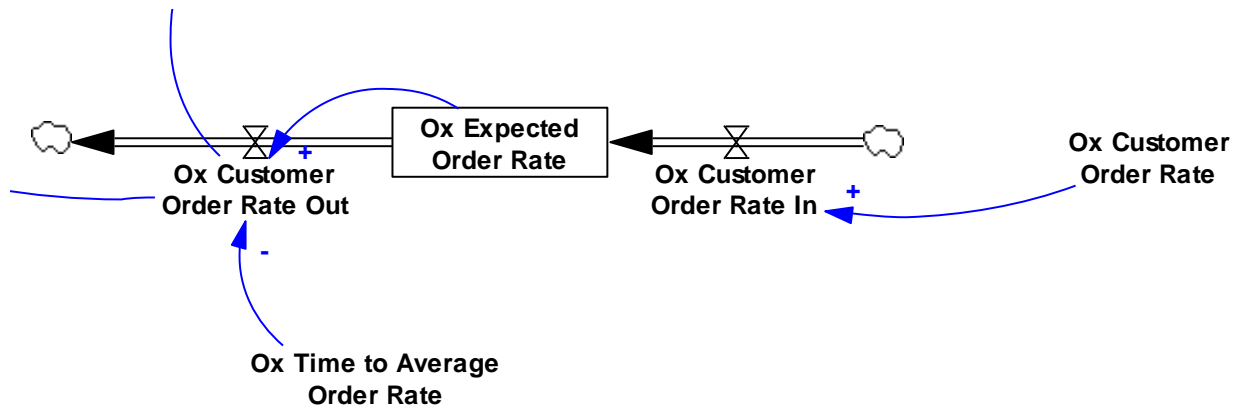


Figura 32. Sección modelo de inventario Ox Expected Order Rate

Los modelos se unen por medio de la variable Desired Inventory Ox, y es ésta variable la más importante de este sub modelo, ya que toda la modelación se realiza para poder producirla; las variables asociadas son:

**Ox Desired Inventory (Widgets/Day):** corresponde a la cantidad de inventario que se quiere tener de producto terminado, sin embargo esta cantidad está restringida y determinada por el espacio disponible.

**Ox Time To Average Order Rate (Day):** tiempo promedio entre órdenes, para cada producto, estimada en 30 días en todos los casos

**Ox Expected Order Rate (Widgets):** corresponde a una variable de nivel que acumula las órdenes de pedido, estas se van acumulando generando demoras.

**Ox Customer Order Rate In (WIDGETS/DAY):** se refiere a la tasa de órdenes de compra por parte de los clientes, a la larga se convierte en la demanda, corresponde una tabla, para mayor detalle mirar la sección I de este capítulo (Sección Backlog, página 104) ya que ahí se detalla esta variable, que es una variable tipo sombra.

**Ox Customer Order Rate (Widgets/Day):** es igual que la anterior variable.

**Ox Customer Order Rate Out (Widgets/Day):** se refiere a la tasa de órdenes de compra por parte de los clientes que entra al sistema, ajustado con la tasa promedio entre órdenes.

$$Ox Inventory = \int (Ox Production Rate - Ox Shipment Rate) dt \quad [34]$$

$$Ox Initial Value = Ox Inicial Inventory$$

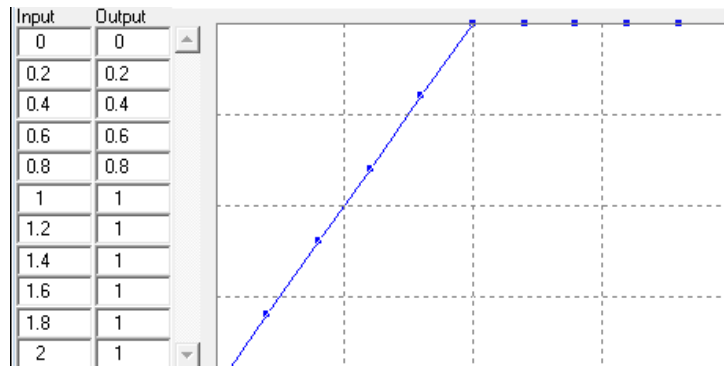
$$Ox Production Rate = DELAY N(Ox Production Start rate, Ox Manufacturing Cycle Time, 0, 4) \quad [35]$$

$$Ox Shipment Rate = MIN(Ox Desired Shipment Rate, Ox Maximum Shipment Rate) + (Ox Desired Shipment Rate * Ox Order Fulfillment Ratio * 0) \quad [36]$$

$$Ox Maximum Shipment Rate = \frac{Ox Inventory}{Ox Minimum Order Processing Time} \quad [37]$$

$$Ox Order Fulfillment Ratio = Ox Table for Order Fulfillment (ZIDZ(Ox Maximum Shipment Rate, Oc Desired Shipment Rate)) \quad [38]$$

$$Ox Table for order fulfillment = Representa el comportamiento del cumplimiento de las ordenes, tasa \quad [39]$$



$$Ox Adjustment from Inventory = \frac{(Ox Desired Inventory - Ox Inventory)}{Ox Inventory Adjustment Time} \quad [40]$$

$$Ox Desired Inventory Coverage = Ox Minimum Order Processing Time + Ox Safety Stock Coverage \quad [41]$$

$$\begin{aligned}
\textbf{Ox DesiredInventory} & \quad [42] \\
& = \text{Ox Customer Order Rate Out} \\
& * \text{Ox Desired Inventory Coverage}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\textbf{Ox DesiredProduction} & \quad [43] \\
& = \text{MAX}(0, \text{Ox Customer Order Rate Out} \\
& + \text{Ox Adjustment from Inventory}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\textbf{Ox Expected Order Rate} & \quad [44] \\
& = \int (\text{Ox Customer Order Rate In} - \text{Ox Customer Order Rate Out}) dt
\end{aligned}$$

$$\textbf{Ox CustomerOrder Rate In} = \text{Ox Customer Order Rate} \quad [45]$$

$$\textbf{Ox CustomerOrder Rate Out} = \frac{\text{Ox Expected Order Rate}}{\text{Ox Time to Average Order Rate}} \quad [46]$$

- III. **Sección inventario de trabajo en proceso:** (*Work in Process Inventory*): en este caso se modelan los inventarios de productos semi-terminados, las variables que conforman esta sección están asociadas con el control del trabajo en proceso. Existe un bucle de retroalimentación negativa o bucle de balance llamado: WIP Control, el cual hace la labor de controlar que los inventarios de materia prima en proceso no se eleven demasiado, manteniendo en relación un periodo de revisión, materiales disponibles y producción deseada, entre otras.

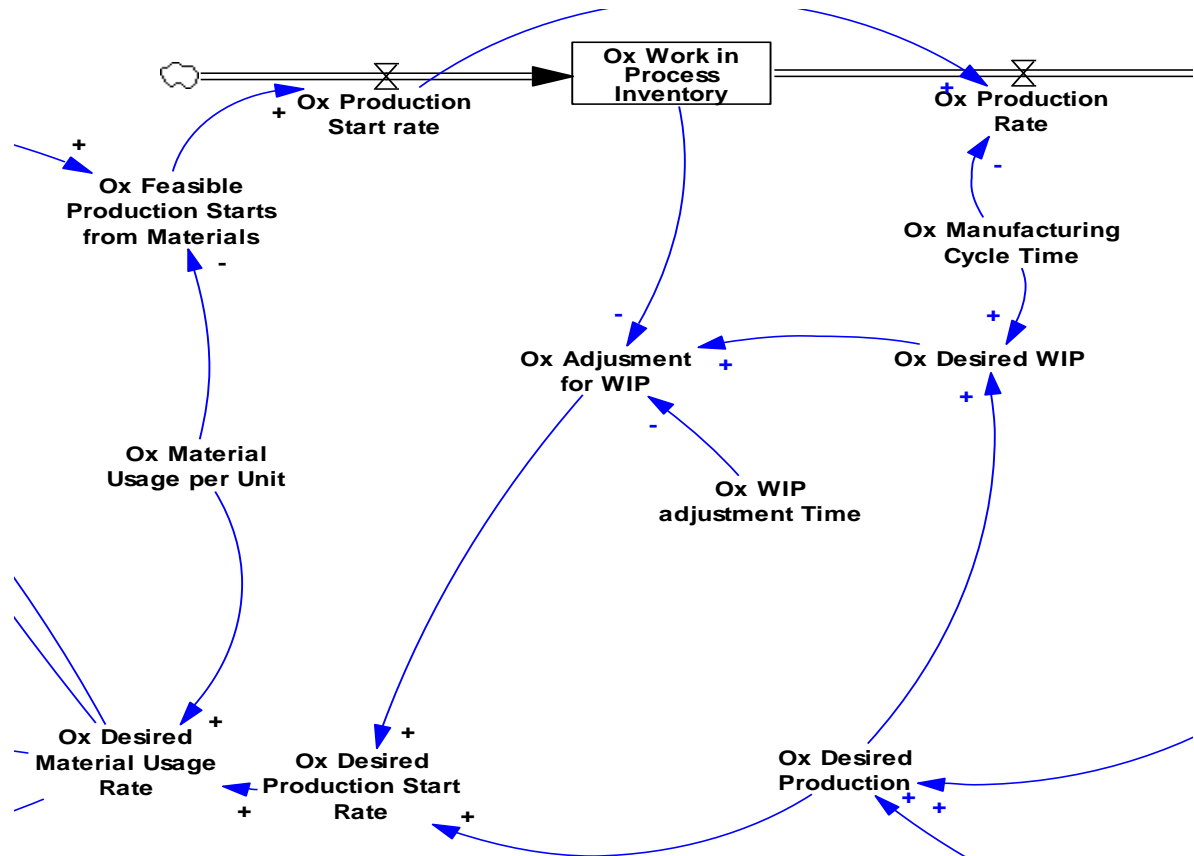


Figura 33. Sección inventario de trabajo en proceso, modelo de inventario Ox

Las definiciones de las variables asociadas son las que siguen:

**Ox Work In Process Inventory (Widgets):** esta variable significa la cantidad de inventario de producto en proceso o semi terminado que mantiene la empresa distribuidora y está determinado por el producto que entre, como el material procesado y que se convierte en producto en proceso menos la cantidad de producto que se pasa a ser producto terminado.

**Ox Production Start Rate (Widgets/Day):** dado que es igual a la variable; Feasible Production Starts From Materials, su naturaleza es de tasa y representa la tasa factible de producción, ésta indirectamente tiene dependencia de la demanda y de la cantidad de materias primas que se encuentran disponibles para la producción, ésta variable alcanza sus máximos valores cuando la demanda supera el inventario de producto terminado y se cuenta con buenas cantidades de materia prima.

**Ox Feasible Production Starts From Materials (Widgets/Day):** es una medida de la cantidad de producción que se puede poner en marcha ya que está disponible, o que es factible producir. Ésta es igual para todos los productos.

**Ox Production Rate (Widgets/Day):** consiste en la tasa de producción, esta variable de flujo depende del tiempo de ciclo de los productos y es la responsable de disminuir la cantidad de productos en proceso.

**Ox Desired Production (Widgets/Day):** la producción deseada está definida como el máximo, entre las tasas de órdenes del consumidor, más o menos el ajuste de inventario y cero, ya que no se puede producir un número negativo de productos. En las ocasiones en que el inventario de producto terminado puede cumplir con la demanda o con un pedido no es necesario producir nada.

**Ox Manufacturing Cycle Time (Day):** es el tiempo de ciclo de los productos.

**Ox Desired Wip (Widgets):** la Cantidad deseada de producto en proceso, está determinada por la cantidad deseada a producir por el tiempo de ciclo de cada producto.

**Oc Wip Adjustment Time (Day):** el tiempo de ajuste, es el tiempo de revisión del inventario de producto en proceso que para cada producto está determinado aproximadamente en un día.

**Ox Adjustment For Wip (Widgets/Day):** el ajuste de inventario está determinado por la diferencia entre el nivel de inventario de producto en proceso con el nivel deseado de inventario de producto en proceso, sobre el tiempo de revisión de este inventario el cual puede tomar valores positivos y negativos.

**Ox Desired Production Start Rate (Widgets/Day):** la tasa de producción deseada para iniciar producción está determinada por la tasa de producción deseada más o menos el ajuste de tiempo, para evitar un número negativo se utiliza la función Max.

**Ox Desired Material Usage Rate (Widgets/Day):** la tasa deseada de material a usar depende de la producción a iniciar deseada y el número de unidades que requiere un producto terminado. Como este número no puede ser negativo se usa la función máximo entre cero y la multiplicación entre el deseado de productos, por el número de partes que tiene cada producto.

$$\mathbf{Ox\ Workin\ Process\ Inventory} \quad [47]$$

$$= \int (Ox\ Production\ Start\ rate - Ox\ Production\ Rate) dt$$

$$\mathbf{Ox\ ProductionRate} \quad [48]$$

$$= DELAY\ N(Ox\ Production\ Start\ rate, Ox\ Manufacturing\ Cycle\ Time, 0, 4)$$

$$\mathbf{Ox\ Production\ Start\ rate} = Ox\ Feasible\ Production\ Starts\ from\ Materials \quad [49]$$

$$\mathbf{Ox\ Desired\ WIP} = Ox\ Manufacturing\ Cycle\ Time * Ox\ Desired\ Production \quad [50]$$

$$\mathbf{Ox\ Adjusment\ for\ WIP} = \frac{(Ox\ Desired\ WIP - Ox\ Work\ in\ Process\ Inventory)}{Ox\ WIP\ adjusment\ Time} \quad [51]$$

$$\mathbf{Ox\ DesiredProduction} \quad [52]$$

$$= MAX(0, Ox\ Customer\ Order\ Rate\ Out \\ + Ox\ Adjusment\ from\ Inventory)$$

$$\mathbf{Ox\ DesiredProduction\ Start\ Rate} \quad [53]$$

$$= MAX(0, Ox\ Desired\ Production + Ox\ Adjusment\ for\ WIP)$$

$$\mathbf{Ox\ FeasibleProduction\ Starts\ from\ Materials} \quad [54]$$

$$= \frac{Ox\ Material\ Usage\ Rate}{Ox\ Material\ Usage\ per\ Unit}$$

$$\mathbf{Ox\ DesiredMaterial\ Usage\ Rate} \quad [55]$$

$$= MAX(0, Ox\ Desired\ Production\ Start\ Rate \\ * Ox\ Material\ Usage\ per\ Unit)$$

IV. **Sección Inventario de materias primas (Materials Inventory):** modela el inventario de materias primas, asociada a esta se encuentran los bucles de retroalimentación de control de la cantidad de materias primas, variables de flujo como la tasa de uso de materiales o variables exógenas como la cantidad de materia prima deseada.

La modelación de las materias primas implica dos bucles de retroalimentación, uno positivo y uno negativo, el primero llamado Material Stockout, se encarga de mantener creciente la salida de materiales del inventario de materias primas, mientras que el segundo (Material Control) genera balance entre la entrada de materias primas, el tiempo de ajuste asociada a la revisión de inventario de materias primas y a la larga de la demanda, en general este bucle garantiza que los inventarios de materias primas no se eleven infinitamente.

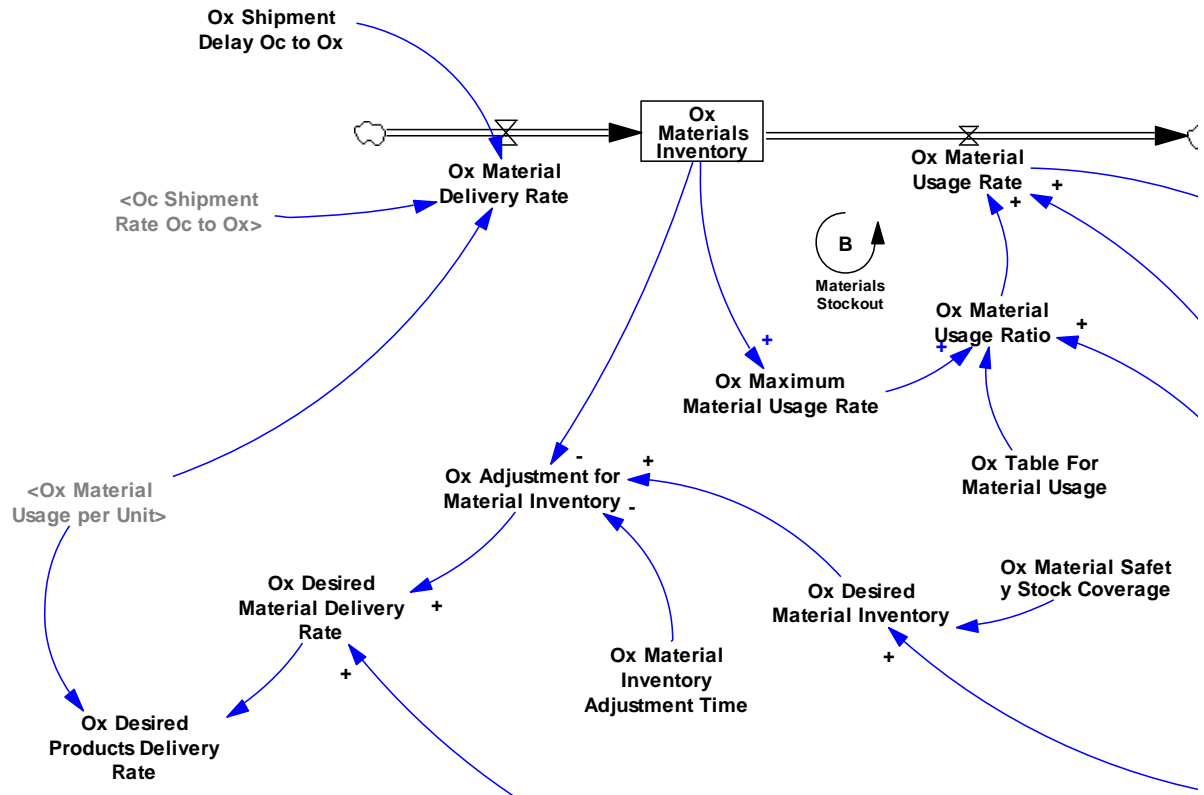


Figura 34. Sección de Ox Materials Inventory

**Ox Material Delivery Rate:** la tasa de llegada de partes de empresa distribuidora, es igual a la tasa de envío de productos de la empresa manufacturera que no puede ser negativa y para garantizar esto se utiliza la función Max.

**Ox Material Usage Rate (Widgets/Day):** la tasa de material usado es la multiplicación entre la tasa deseada de material a usar por la proporción de unidades que se manda a producción, la cual está cuantificada en una tabla. (Ver variables auxiliares.)

**Ox Shipment Delay Oc To:** representa la demora en la entrega de productos de la empresa manufacturera la distribuidora.

**Ox Máximum Material Usage Rate (Material/Day):** se refiere a la tasa máxima de uso de materiales por día.

**Ox Desired Material Usage Rate (Widgets/Day):** la tasa deseada de material a usar depende de la producción a iniciar deseada y el número de unidades que requiere un producto terminado. Como este número no puede ser negativo se usa la función máximo entre cero y la multiplicación entre el deseado de productos, por el número de partes que tiene cada producto.

**Ox Material Safety Stock Coverage:** la cobertura del inventario de seguridad para materia prima, está determinado como el tiempo que a la empresa le gustaría mantener en inventario de seguridad contra la posibilidad de variaciones de la demanda, la escasez de material impide el inicio de producción y retrasos en los envíos de la demanda.

Debido a la rapidez la producción de Empresa distribuidora requiere pocos minutos en los ensambles por producto, se ha calculado que la empresa distribuidora requiere 0.71 días por producto en el orden antes establecido.

**Ox Adjustment For Material Inventory (Widgets/Day):** el ajuste de inventario está determinado por la diferencia entre el nivel de inventario de material con el nivel deseado de materiales, sobre el tiempo de revisión de este inventario. Puede tomar valores positivos y negativos.

**Ox Desired Products Delivery Rate:** la tasa deseada de requerimiento de inventario está determinado por la tasa deseada de requisición de inventario más o menos el ajuste de inventario de materia prima, esta variable es la que se le presenta a la empresa manufacturera como proveedor de la cadena de suministro. Como no se puede pedir un número negativo a un proveedor, se escoge el número mayor entre cero y el nivel deseado.

**Ox Material Usage Ratio:** la fracción de material deseado que la empresa puede lograr se determina por la relación entre la tabla de producto disponible con el nivel deseado de materiales. Un bajo nivel de inventario reduce las tasas planeadas con anterioridad.



**Ox Table For Material Usage:** esta tabla fue diseñada para restringir el envío de materiales a empaque dependiendo de la disponibilidad de materiales, a través una fracción que depende del nivel de inventario.

**Ox Desired Material Delivery Rate (Widgets/Day):** la tasa deseada de requerimiento de inventario está determinado por la tasa deseada de requisición de inventario más o menos el ajuste de inventario de materia prima, esta variable es la que se le presenta a la empresa manufacturera como proveedor de la cadena de suministro. Como no se puede pedir un número negativo a un proveedor, se escoge el número mayor entre cero y el nivel deseado.

**Ox Material Inventory Adjustment Time (Day):** el tiempo en que se revisa el inventario de seguridad para los productos de material en empresa distribuidora es un día, para todos los productos en estudio.

**Ox Desired Material Inventory (Widgets):** el nivel deseado de productos en material prima que se requiere depende de la tasa de uso de material deseado por el tiempo de cobertura de material de seguridad en inventario.

$$\begin{aligned} & \textbf{Ox MaterialsInventory} \\ &= \int (Ox \text{ Material Delivery Rate} - Ox \text{ Material Usage Rate}) dt \end{aligned} \quad [56]$$

$$\begin{aligned} & \textbf{Ox MaterialDelivery Rate} \\ &= DELAY N( MAX(0, Oc \text{ Shipment Rate to Ox}) \\ & * Ox \text{ Material Usage per Unit} , Oc \text{ Shipment Delay to Ox} , 0 , 3 ) \end{aligned} \quad [57]$$

$$\begin{aligned} & \textbf{Ox MaterialUsage Rate} \\ &= Ox \text{ Desired Material Usage Rate} \\ & * Ox \text{ Material Usage Ratio} \end{aligned} \quad [58]$$

$$\begin{aligned} & \textbf{Ox DesiredProducts Delivery Rate} \\ &= \frac{Ox \text{ Desired Material Delivery Rate}}{Ox \text{ Material Usage per Unit}} \end{aligned} \quad [59]$$

$$\begin{aligned} & \textbf{Ox DesiredMaterial Delivery Rate} \\ &= MAX( 0, Ox \text{ Desired Material Usage Rate} \\ & + Ox \text{ Adjustment for Material Inventory} ) \end{aligned} \quad [60]$$

$$\begin{aligned} & \text{Ox Adjustment for Material Inventory} & [61] \\ & = \frac{(\text{Ox Desired Material Inventory} - \text{Ox Materials Inventory})}{\text{Ox Material Inventory Adjustment Time}} \end{aligned}$$

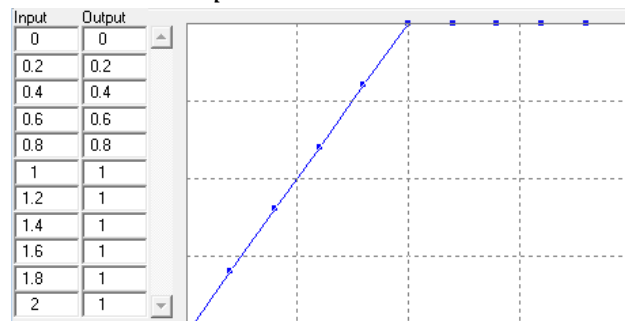
$$\begin{aligned} & \text{Ox Desired Material Inventory} & [62] \\ & = \text{Ox Desired Material Usage Rate} \\ & \quad * \text{Ox Material Safety Stock Coverage} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Ox Desired Material Usage Rate} & [63] \\ & = \text{MAX}(0, \text{Ox Desired Production Start Rate} \\ & \quad * \text{Ox Material Usage per Unit} ) \end{aligned}$$

$$\text{Ox Maximum Material Usage Rate} = \text{Ox Materials Inventory} \quad [64]$$

$$\begin{aligned} & \text{Ox Material Usage Ratio} & [65] \\ & = \text{Ox Table For Material Usage (ZIDZ(MaximumOx Material Usage Rate} \\ & \quad \text{Ox Desired Material Usage Rate} )) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Ox Table For Material Usage} & [66] \\ & = \text{Esta tabla representa la tasa de uso de materiales} \end{aligned}$$



### 3.4.5 Modelo de flujo de caja del caso de estudio, empresa distribuidora.

A continuación se dará mayor detalle al modelo de flujo de caja de la empresa, el cual se ha desarrollado a partir del modelo genérico de flujo de caja que anteriormente se presentó. Se observarán cambios sustanciales debido a que la empresa distribuidora tiene políticas administrativas y financieras particulares que debían ser modeladas para

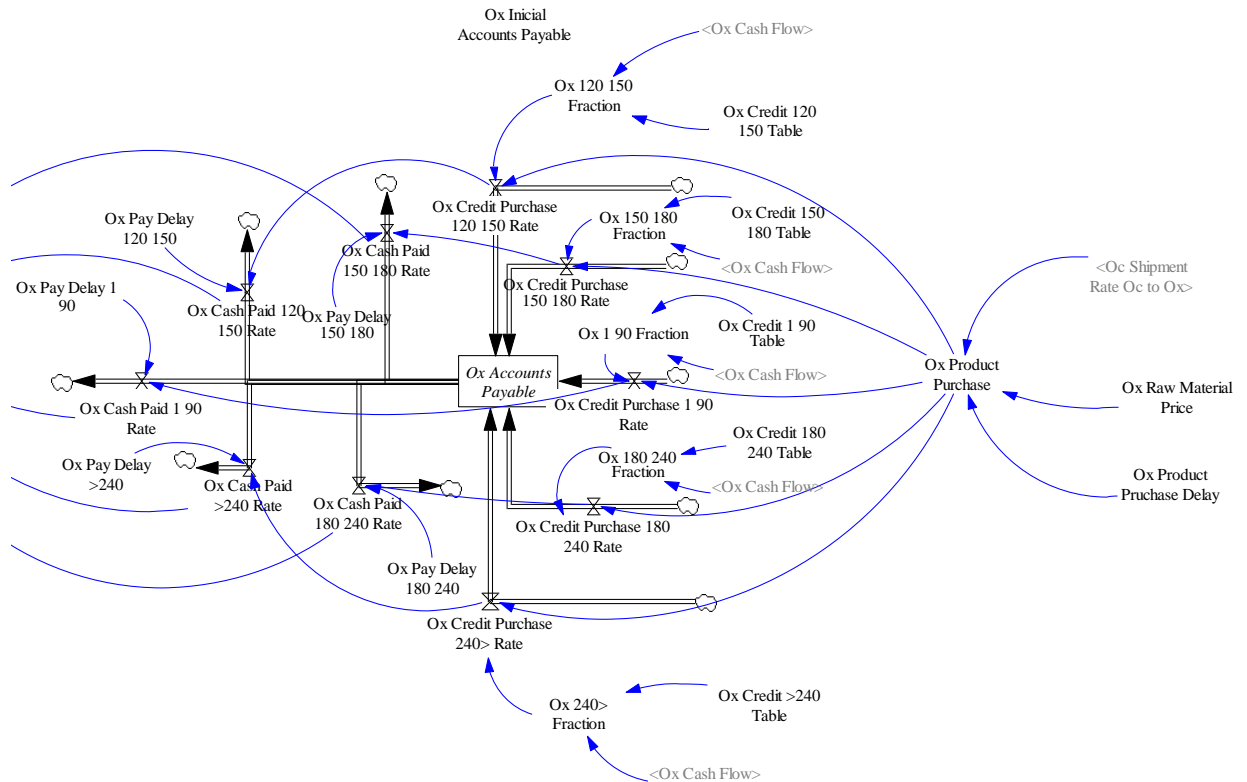
garantizar que el modelo simulará el comportamiento real de la empresa. Para observar el modelo con sus distintas secciones en conjunto remitirse a los Anexos.

La metodología que se empleará será la misma que la de la sección anterior.

- I. **Sección cuentas por pagar (Ox Account Payable):** una de las variables importantes del modelo de flujo de caja es la variable de nivel de cuentas por pagar, la naturaleza de repositorio de esta, es debido a que en ella se acumula dinero producto de las cuentas por pagar que adeuda la compañía con sus proveedores, en esta caso particular el máximo proveedor de la empresa es la empresa manufacturera con este mismo caso de estudio, por eso se hace necesario buscar la manera de conectar estos modelos mediante relaciones entre variables. Esta variable tiene asociada una serie de políticas que hacen necesario su estudio independiente. La entrada de este modelo son las compras que se realizan a la empresa manufacturera OC, particularmente las cuentas por pagar en esta empresa no se pagan a plazos establecidos, sino que algunas se pagan entre 0 y 3 meses, 3 y 4 meses, 4 y 6 meses y 6 y 8 meses, por lo que se debe asociar una probabilidad de ocurrencia a cada uno de estos eventos, sin embargo a cada pago se encuentra asociada una tabla que determina la forma en que se realizan los pagos según la cantidad de dinero que exista en la caja, esto se hace para evitar que el modelo intente realizar pagos en los casos en que no se tiene dinero en caja.

Asociado a cada pago se encuentra una demora, el orden de estas demoras se calibrará, sin embargo el valor promedio de la demora es determinado según los datos recogidos en las visitas realizadas. Además se cuenta con una demora administrativa relacionada con el proceso administrativo de realizar un pago. Para mayor detalle acerca de la documentación de esta política remitirse a los Anexos, sección de documentación del caso de estudio.

El sub modelo se muestra a continuación:



**Figura 35. Sección Ox Accounts Payable**

Sólo se definirán una parte de las variables, ya que muchas pueden ser generalizadas, por ejemplo el caso de las variables Ox Delay CP(x) el valor de x puede ser 3, 4, 5, 6, 8, y corresponde al valor medio de la demora que se genera para realizar un pago, la ecuación asociada es igual en todos los casos, las ecuaciones y tablas en cada caso en que se tiene la numeración anterior son iguales. Las variables representativas en los casos en que se obtienen las ecuaciones serán los que se asocian con el número 3.

**Ox Account Payable (Money/Day):** representa la variable de nivel de las cuentas por pagar, en ella confluye el dinero que se debe pagar producto de la compra de materiales para la producción o de producto terminado.

**Ox Product Purchase (Money):** corresponde a la cantidad de dinero empleado en la compra de materiales, contiene una ecuación que multiplica la demanda de materiales por el precio de compra.

**Ox Raw Material Price (Money):** representa el costo promedio de cada producto asociado.

**Ox Cash Paid 120 150 Rate (Money):** corresponde al dinero que se paga al proveedor, esta variable entra en juego cuando efectivamente se realiza el pago. Los números 120 150 corresponden al periodo en días en el que se realiza el pago.

**Ox Credits Purchase 120 150 Rate:** representa a las compras a crédito que se realizan y que se pagarán en un periodo entre 0 y 3 meses.

**Ox 120 150 Fraction:** Es la probabilidad de que se presente una compra que se pagará entre 0 y 3 meses.

**Ox Credits 120 150 Table:** es una tabla que se encarga de garantizar que el modelo no intente realizar pagos cuando no se tiene dinero en la caja, ya que dictamina la magnitud de los pagos según el nivel que se tenga en la caja. Las ecuaciones pertinentes se muestran a continuación.

***Ox Account Payable***

$$\begin{aligned}
 &= \int (Ox Credit Purchase 1 90 Rate[Products, Ofiexport] \\
 &+ Ox Credit Purchase 120 150 Rate[Products, Ofiexport] \\
 &+ Ox Credit Purchase 180 240 Rate[Products, Ofiexport] \\
 &+ Ox Credit Purchase 150 180 Rate[Products, Ofiexport] \\
 &+ "Ox Credit Purchase 240 \\
 &> Rate"[Products, Ofiexport] \\
 &- Ox Cash Paid 1 90 Rate[Products, Ofiexport] \\
 &- Ox Cash Paid 120 150 Rate[Products, Ofiexport] \\
 &- Ox Cash Paid 150 180 Rate[Products, Ofiexport] \\
 &- Ox Cash Paid 180 240 Rate[Products, Ofiexport] \\
 &- "Ox Cash Paid > 240 Rate"[Products, Ofiexport])dt
 \end{aligned}
 \tag{67}$$

$$\text{Initial value} = Ox Inicial Account Payable
 \tag{68}$$

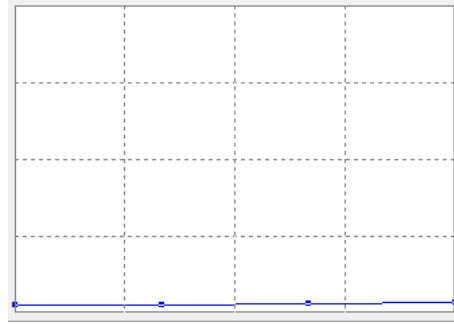
***Ox Product Purchase***

$$\begin{aligned}
 &= DELAY1(Ox Raw Material Price[Products, Ofiexport] \\
 &* Oc Shipment Rate Oc to Ox[Products, Ofiexport], \\
 &Ox Product Prurchase Delay[Products, Ofiexport] )
 \end{aligned}
 \tag{69}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ox Credit Purchase 120 150 Rate} & \quad [70] \\
 &= \text{Ox Product Purchase}[\text{Products}, \text{Ofiexport}] \\
 &\quad * \text{Ox 120 150 Fraction}[\text{Products}, \text{Ofiexport}]
 \end{aligned}$$

$$\text{Ox 120 150 Fraction} = \text{Ox Credit 120 150 Table}(\text{Ox Cash Flow} \quad [71]$$

$$\text{Ox Credit 120 150 Table} = \quad [72]$$



$$\begin{aligned}
 \text{Ox Cash Paid 120 150 Rate} & \quad [73] \\
 &= \text{DELAY } N(\text{Ox Credit Purchase 120 150 Rate}[\text{Products}, \text{Ofiexport}], \\
 &\quad \text{Ox Pay Delay 120 150}[\text{Products}, \text{Ofiexport}], 0, 190)
 \end{aligned}$$

- II. **Sección flujo de caja (Ox Cash Flow):** esta parte del modelo es el punto de concurrencia correspondiente a las cuentas por pagar y cuentas por cobrar, la variable de nivel “Ox Cash Flow” representa el dinero en caja en cada instante de tiempo. Asociada a esta sección se encuentran dos variables de nivel más, Ox Owner Savings y Ox Taxes Payable, la primera se refiere a un repositorio que almacena dinero, el cual es un fondo que tiene el dueño de la empresa para usar en las ocasiones en que se requiera pagar alguna cuenta o algún gasto y no se cuente con dinero producto de la operación, este fondo al parecer no es muy usado. La otra variable de flujo asociada corresponde a los impuestos que se deben pagar, estos afectan directamente el flujo de caja, sin embargo estos pagos se ven efectuados dos veces por año, tal como dicta la ley Colombiana y la dirección de impuestos DIAN.

EL modelo de esta sección se presenta a continuación:

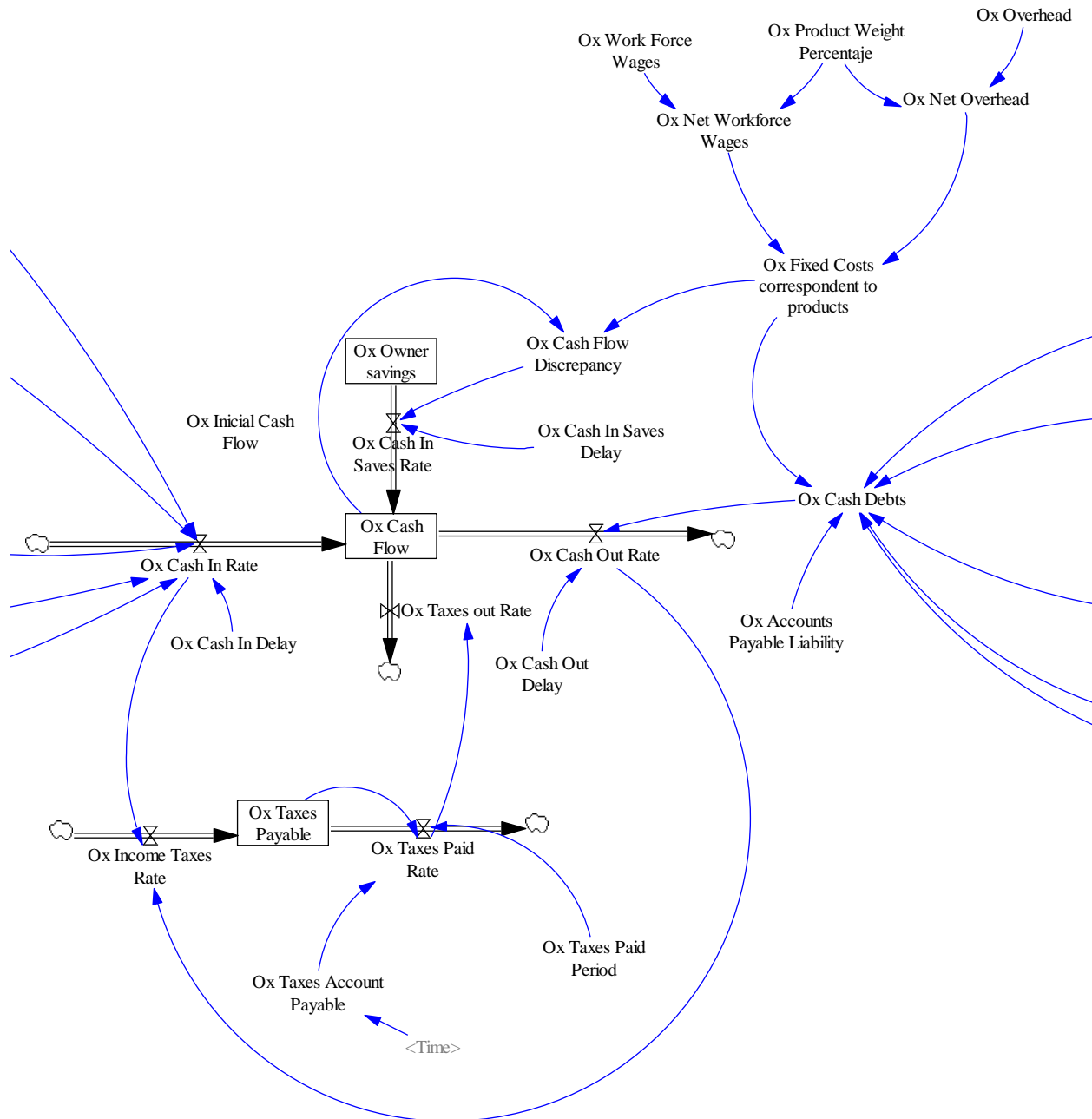


Figura 36. Sección modelo de flujo de caja, empresa distribuidora

**Ox Owner Savings (Money):** es una variable de nivel que acumula dinero a modo de fiducia que es utilizado en los casos en que el flujo de caja es insuficiente para pagar los costos operativos, costos de materiales o cuando las cuentas por cobrar dejan ilíquida la empresa. Este fondo se activa en los momentos en que existe una discrepancia negativa entre el flujo de caja y el valor que se debe pagar, es decir cuando no es suficiente el dinero para pagar deudas.

**Ox Cash Flow (Money):** esta variable acumula el dinero en el flujo de caja de la empresa distribuidora y está determinado por el dinero que sale de la empresa por los pagos de nómina, administración y compras a crédito menos el dinero que entra de las ventas a contado y de crédito ya cobradas. De manera analógica, esta variable puede ser tomada como fotografías de la caja de la empresa en dado momento.

**Ox Taxes Payable (Money):** es una variable de nivel que acumula el dinero que se debe pagar a manera de impuestos, el dinero se va acumulando en la medida en que se realizan ventas, y la política gubernamental exige que se pague una vez al año. Quien determina la tasa en que sale este dinero y a la larga la frecuencia es la variable Ox Taxes Paid.

**Ox Cash In Saves Rate (Money/Day):** esta variable de flujo tiene la propiedad de marcar el ritmo al que se le suministra dinero a manera de préstamo a la empresa, esta se activa siempre y cuando exista una discrepancia negativa entre el dinero que debe pagarse y la cantidad de dinero que hay en caja.

**Ox Cash In Rate (Money/Day):** esta variable representa el flujo de dinero que ingresa hacia la empresa distribuidora producto de las cuentas por cobrar acreditadas y del dinero en efectivo producto de las ventas. Asociada a esta variable se encuentra una demora, que es inherente al proceso administrativo.

Según Sterman (2000) existen demoras en muchos procesos comunes pero que el modelador no percibe inmediatamente. Uno de estos episodios se presenta en este caso, donde a simple vista no es fácil notar la existencia de una demora en el ingreso de dinero a la caja, ya que el pensador común entiende inmediatamente que al momento en que se efectúa un pago hacia la empresa, este ingresa inmediatamente a la caja, y de hecho el dinero sí ingresa pero el encargado de verificar el flujo de caja no lo nota inmediatamente, un modelador desprevenido no notaría que para que este dinero afecte el flujo de caja o el encargado de cartera vea reflejado este ingreso, debe pasar un tiempo prudencial y dicho tiempo se convierte en una demora. Por ejemplo, en promedio esta empresa tarda 2 días en notar el ingreso de dinero producto de un pago a crédito. Es común el caso en que cada cierto tiempo el encargado de cartera de la empresa verifique cuales son las cuentas que están pendientes por cobrar o que se debieron cancelar, en ese momento el analista revisa la cuenta bancaria y nota que ya la cuenta ha sido cancelada, el tiempo que pasa desde que se identifica que se debió cancelar la cuenta y se verifica si en realidad se



hizo, en total corresponde en promedio a los 2 días mencionados anteriormente. El anterior es solo un ejemplo, pero similar a este existen muchos procesos que generan demoras y que no es fácil entender pero que deben ser modelados.

**Ox Cash In Delay (Day):** es una demora asociada al ingreso a la caja de la empresa, la lógica de esta demora se explicó anteriormente. Corresponde a 2 días en promedio.

**Ox Cash Out Rate:** esta variable representa el flujo de dinero que sale de la empresa y está determinada por un condicional para no tener un flujo de caja negativo. Si la discrepancia es mayor que cero (0) entonces se procede a pagar lo que se debe en su totalidad. En caso contrario se paga lo que haya en caja. Esta variable se ve afectada directamente por las cuentas generadas a modo de costos y gastos operativos y por supuesto las cuentas por pagar. Asociada a esta variable se encuentra una demora, que es inherente al proceso administrativo. La existencia de esta demora sigue una lógica similar a la que se mencionó en **Ox cash In**, y en este caso se relaciona esta demora con el tiempo en que se identifica que se debe pagar una cuenta y el tiempo en que realmente se efectúa el pago

**Ox Cash Out Delay (Day):** representa el valor en días de la demora promedio que se mencionó anteriormente; 2 días.

**Ox Taxes Paid Rate (Money/Day):** variable de flujo que representa la tasa en que se pagan los impuestos por parte de la empresa, esta variable se ve afectada por el periodo de tiempo en que deben pagarse los impuestos y una tabla que representa la tasa en que estos se pagan según el dinero disponible, pues nunca se realizará un pago cuando es muy estrecha la cantidad de dinero en la caja.

**Ox Income Taxes Rate (Money/Day):** esta variable de flujo representa la generación de costos en impuestos, la cual se ve afectada por las ventas.

**Ox Cash In Saves Delay (Day):** esta demora se genera debido a que debe pasar un tiempo desde que el tomador de decisiones, en este caso el dueño de la empresa, nota que debe usar parte de su fiducia para pagar cuentas de la empresa y el tiempo en que efectivamente entra el dinero a la caja. En este caso 7 días.

**Ox Inicial Cash Flow (Money):** representa el dinero que se encuentra en caja inicialmente, es decir desde el momento en que se empieza la modelación.

**Ox Cash Debts (Money/Day):** esta variable representa el flujo de dinero que debe salir a modo de deudas, esta reúne las deudas producto de los costos operativos y las cuentas por pagar.

**Ox Taxes Paid Period (Day):** corresponde a los periodos del año en días en que se deben pagar los impuestos.

**Ox Taxes Account Payable:** esta variable reúne las cuentas por pagar de la empresa distribuidora y está determinado por las cuentas por pagar pagadas menos las compras que se realizaron a crédito. Esta variable se ve afectada por la generación de pagos.

**Ox Work Force Wages:** Esta variable representa el valor de la nómina de la empresa distribuidora, y es determinado por valores constantes.

**Ox Net Workforce Wages:** esta variable representa el costo de la fuerza de trabajo en la empresa distribuidora, y está determinado por la división entre el valor de la fuerza de trabajo entre el ajuste de tiempo, para calcular el valor de forma proporcional al ajuste de tiempo.

**Ox Net Overhead:** esta variable significa el valor de los costos y gastos administrativos diarios de la empresa distribuidora, y está determinado por la división entre el valor de la fuerza de los costos y gastos administrativos entre el ajuste de tiempo, para calcular el valor de forma proporcional al ajuste de tiempo.

**Ox Fixed Costs Correspondent To Products:** esta variable significa los costos y gastos administrativos de la empresa de Empresa distribuidora, y está determinada por la sumatoria de la nómina de trabajadores y los gastos administrativos.

**Ox Cash Flow Discrepancy:** esta variable significa la discrepancia que hay entre el flujo de caja y de los costos y gastos a pagar, y está determinada por la diferencia entre el flujo de caja y las deudas por parte de la compañía de Empresa distribuidora.

$$\mathbf{Ox\ Cash\ Flow} \quad [74]$$

$$= \int (Ox\ Cash\ In\ Rate - Ox\ Cash\ Out\ Rate + Ox\ Cash\ In\ Saves\ Rate - Ox\ Taxes\ out\ Rate) dt$$

$$\mathbf{Initial\ value} = Ox\ Inicial\ Cash\ Flow \quad [75]$$

$$\mathbf{Ox\ Owner\ savings} = \int (-Ox\ Cash\ In\ Saves\ Rate) dt \quad [76]$$

$$\mathbf{Initial\ value} = 1.5e + 007 \quad [77]$$

$$\mathbf{Ox\ Taxes\ Payable} = \int (Ox\ Income\ Taxes\ Rate - Ox\ Taxes\ Paid\ Rate) dt \quad [78]$$

$$\mathbf{Ox\ Income\ Taxes} = MAX(0, (Ox\ Cash\ In\ Rate - Ox\ Cash\ Out\ Rate) * 0.33) \quad [79]$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Ox\ Taxes\ Paid\ Rate} \\ = DELAY\ N(Ox\ Taxes\ Payable \\ * Ox\ Taxes\ Account\ Payable, Ox\ Taxes\ Paid\ Period, 0, 100) \end{aligned} \quad [80]$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Ox\ Cash\ Debts} \\ = Ox\ Fixed\ Costs\ correspondent\ to\ products \\ + Ox\ Cash\ Paid\ 1\ 90\ Rate + Ox\ Cash\ Paid\ 120\ 150\ Rate \\ + Ox\ Cash\ Paid\ 150\ 180\ Rate + Ox\ Cash\ Paid\ 180\ 240\ Rate + "Ox\ Cash\ Paid \\ > 240\ Rate" + Ox\ Accounts\ Payable\ Liability \end{aligned} \quad [81]$$

$$\mathbf{Ox\ Cash\ Out\ Rate} = DELAY\ N(Ox\ Cash\ Debts, Ox\ Cash\ Out\ Delay, 0, 1) \quad [82]$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Ox\ Cash\ In\ Rate} \\ = DELAY\ N(Ox\ Sales\ In\ Cash + Ox\ Long\ Term\ Credit\ Out\ Rate \\ + Ox\ Short\ Term\ Credit\ Out\ Rate \\ + Ox\ Long\ Term\ Advance\ Payment \\ + Ox\ ST\ Downpayment, Ox\ Cash\ In\ Delay, 0, 8) \end{aligned} \quad [83]$$

$$\begin{aligned} \mathbf{Ox\ Cash\ In\ Saves\ Rate} \\ = DELAY\ N(MAX(0, Ox\ Cash\ Flow\ Discrepancy), Ox\ Cash\ In\ Saves\ Delay, 0, 3) \end{aligned} \quad [84]$$

***Ox Cash Flow Discrepancy*** [85]

$$= Ox \text{ Fixed Costs correspondent to products} - Ox \text{ Cash Flow}$$

***Ox Fixed Costs correspondent to products*** [86]

$$= Ox \text{ Net Overhead} + Ox \text{ Net Workforce Wages}$$

***Ox Net Workforce Wages*** [87]

$$= Ox \text{ Work Force Wages} * Ox \text{ Product Weight Percentage}$$

***Ox Net Overhead*** =  $Ox \text{ Overhead} * Ox \text{ Product Weight Percentage}$  [88]

**III. Sección cuentas por cobrar (Ox Accounts Receivable):** esta última parte de este modelo se refiere a las cuentas por cobrar, quienes son responsables de ingresar dinero al flujo de caja bajo modalidad de crédito, en esta sección, debido a su gran volumen se explicarán sólo las variables más importantes, ya que muchas pueden generalizarse.

El ingreso modelísticamente hablando se realiza a través de la demanda del mercado, mediante la variable ***Customer Order Rate***, variable que viene del modelo de inventarios correspondiente a esta empresa, ya que es en ese donde se generan los procesos de producción y de manejo de inventarios, razón por la cual es evidente que los datos sufren una transformación, luego de que entran al modelo de flujo de caja, son multiplicados por precio de venta, y a partir de este momento los flujos quedan convertidos a términos de dinero. Una vez ingresa una venta, esta debe ser clasificada por el modelo como venta a crédito o en efectivo, es por eso que da a una variable; ***Ox Cash Sales Fraction*** la labor de representar la probabilidad de que se genere una venta en efectivo, el dinero producto de estas ventas se dirige directamente a la variable de flujo que alimenta el flujo de caja, mientras que la porción restante se dirige al siguiente paso del modelo que es clasificar una venta según el periodo de tiempo en que probablemente se realice el pago, estos pagos se pueden realizar a corto o largo plazo, y así mismo cada venta puede realizarse con un abono o sin él, luego de que el dinero sigue cada una de estas ramificaciones finalmente llega al repositorio de cuentas por cobrar, estando esta variable de nivel, llegan al flujo de caja, no sin antes tardar un tiempo asociado al tiempo que se demora el cliente en hacer efectivo el pago y a la demora administrativa en notar la

realización del mismo, similar a la explicación de las demoras empleadas en la sección de flujo de caja.

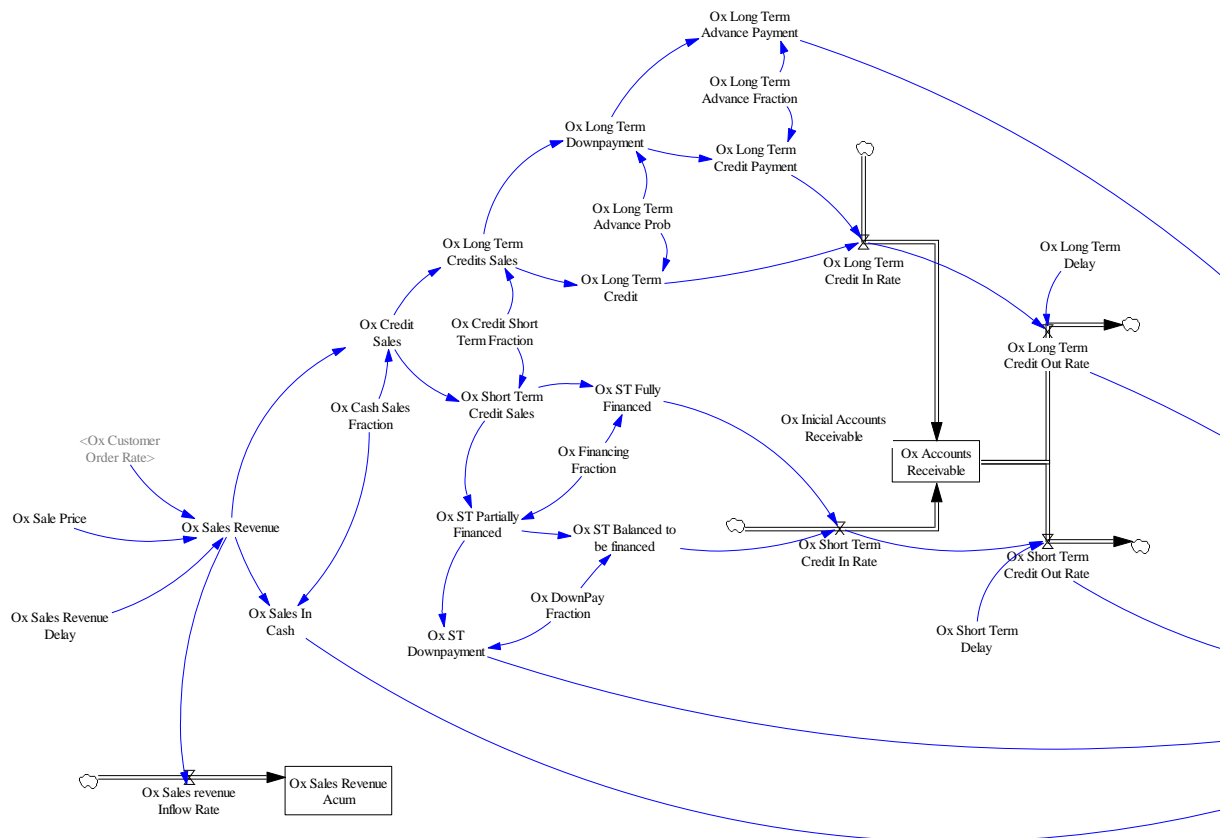


Figura 37. Sección Ox Accounts Receivable

**Ox Sale Price (Money):** representa el precio de venta promedio de cada uno de los productos.

**Ox Cash Sales Fraction:** corresponde al porcentaje de ventas que se realizan en efectivo.

**Ox Sales Revenue Delay (Day):** representa la demora asociada a los ingresos por venta en la compañía. Para este caso se manejó una demora de un día.

**Ox Sales In Cash (Money):** representa el dinero producto de las ventas que ingresa al sistema como pagos en efectivo, es decir sin créditos.

**Ox Cash Sales Fraction:** representa el porcentaje de ventas que son realizadas a crédito y en efectivo.

**Ox Credits Sales (Money):** dinero total que ingresa al sistema a modo de créditos.

**Ox Credits Short Terms Fraction:** porción de las ventas hechas a crédito que se realizan a corto plazo.

**Ox Credits Long Terms Fraction:** porción de las ventas hechas a crédito que se realizan a largo plazo.

**Ox Long Term Advance payment (Money):** dinero que ingresa al sistema producto de los avances que se realizan y que el excedente se realiza a largo plazo.

**Ox Long Term Advance Fraction (Money):** porcentaje de las ventas que se hacen a largo plazo y que se realiza un avance.

**Ox Long Term Credit Payment (Money):** representa el pago realizado a largo plazo.

**Ox Long Term Credit In Rate (Money/Day):** corresponde a la variable de flujo, que ingresa el dinero producto de las ventas realizadas a crédito de largo plazo al repositorio de cuentas por cobrar.

**Ox Long Term Credit Out Rate (Money/Day):** corresponde a la variable de flujo, que obtiene el dinero producto de las ventas realizadas a crédito de largo plazo del repositorio de cuentas por cobrar.

**Ox ST Downpayment (Money):** dinero que ingresa al sistema producto de los avances que se realizan y que el excedente se realiza a corto plazo.

**Ox DownPay Fraction (Money):** porcentaje de las ventas que se hacen a corto plazo y que se realiza un avance.

**Ox ST Fully Financed:** representa las ventas a corto plazo que son financiadas en su totalidad.

**Ox DownPay Fraction:** aquellas ventas a crédito en la que se realiza un avance en efectivo.

**Ox ST Balanced to be Financed (Money):** representa el pago realizado a largo plazo de los producto a crédito.

**Ox Short Term Credit In Rate (Money/Day):** corresponde a la variable de flujo, que ingresa el dinero producto de las ventas realizadas a crédito de corto plazo al repositorio de cuentas por cobrar.

**Ox Short Term Credit Out Rate (Money/Day):** corresponde a la variable de flujo, que obtiene el dinero producto de las ventas realizadas a crédito de corto plazo de repositorio de cuentas por cobrar.

**Ox Accounts Receivable (Money):** es la variable más importante de esta sección, ya que es el repositorio que acumula el dinero producto de las distintas ventas a crédito.

La representación matemática de las variables se presenta a continuación:

$$\text{Ox Accounts Receivable} \quad [89]$$

$$= \int (Ox \text{ Long Term Credit In Rate} \\ + Ox \text{ Short Term Credit In Rate} - Ox \text{ Long Term Credit Out Rate} \\ - Ox \text{ Short Term Credit Out Rate}) dt$$

$$\text{Initial value} = Ox \text{ Inicial Account Receivable} \quad [90]$$

$$\text{Ox Sales Revenue} \quad [91]$$

$$= DELAY1(Ox \text{ Customer Order Rate} \\ * Ox \text{ Sale Price}, Ox \text{ Sales Revenue Delay})$$

$$\text{Ox Credit Sales} = (1 - Ox \text{ Cash Sales Fraction}) * Ox \text{ Sales Revenue} \quad [92]$$

$$\text{Ox Sales In Cash} = Ox \text{ Sales Revenue} * Ox \text{ Cash Sales Fraction} \quad [93]$$

$$\text{Ox Long Term Credits Sales} \quad [94]$$

$$= (1 - Ox \text{ Credit Short Term Fraction}) * Ox \text{ Credit Sales}$$

$$\text{Ox Long Term Downpayment} \quad [95]$$

$$= Ox \text{ Long Term Credits Sales} * Ox \text{ Long Term Advance Prob}$$

$$\text{Ox Long Term Credit} \quad [96]$$

$$= (1 - Ox \text{ Long Term Advance Prob}) \\ * Ox \text{ Long Term Credits Sales}$$

***Ox Long Term Advance Payment***

$$\begin{aligned} &= \text{Ox Long Term Downpayment} \\ &* \text{Ox Long Term Advance Fraction} \end{aligned} \quad [97]$$

***Ox Long Term Credit Payment***

$$\begin{aligned} &= (1 - \text{Ox Long Term Advance Fraction}) \\ &* \text{Ox Long Term Downpayment} \end{aligned} \quad [98]$$

***Ox ST Partially Financed***

$$= \text{Ox Short Term Credit Sales} * \text{Ox Financing Fraction} \quad [99]$$

***Ox ST Fully Financed***

$$= (1 - \text{Ox Financing Fraction}) * \text{Ox Short Term Credit Sales} \quad [100]$$

***Ox ST Balanced to be financed***

$$= (1 - \text{Ox DownPay Fraction}) * \text{Ox ST Partially Financed} \quad [101]$$

$$\text{Ox ST Downpayments} = (\text{Ox ST Partially Financed} * \text{Ox DownPay Fraction}) \quad [102]$$

***Ox Long Term Credit In Rate***

$$= \text{Ox Long Term Credit Payment} + \text{Ox Long Term Credit} \quad [103]$$

***Ox Short Term Credit In Rate***

$$= \text{Ox ST Fully Financed} + \text{Ox ST Balanced to be financed}$$

***Ox Long Term Credit Out Rate***

$$= \text{DELAY } N(\text{Ox Long Term Credit In Rate}, \text{Ox Long Term Delay}, 0, 20) \quad [104]$$

***Ox Short Term Credit Out Rate***

$$= \text{DELAY } N(\text{Ox Short Term Credit In Rate}, \text{Ox Short Term Delay}, 0, 3) \quad [105]$$

$$[106]$$



### 3.4.6 Modelo de Inventario del caso de estudio, empresa manufacturera.

En esta sección se detallará el modelo dinámico de inventarios para la empresa manufacturera, el cual se ha desarrollado a partir del modelo genérico de inventarios que anteriormente se presentó. Este modelo varía notoriamente en algunos aspectos a razón de las políticas de producción y administrativas las cuales fueron necesarias modelarlas para garantizar que el modelo simulara el comportamiento real de la empresa

La metodología que se empleará en esta sección consiste en explicar el modelo por secciones, mostrando cada una de las ecuaciones asociadas y la política que en la actualidad utiliza la empresa.

- I. **Sección acumulación de órdenes (Oc Backlog):** esta sección modela la lógica que siguen las órdenes que se van generando para la producción, asociada a esta parte, se encuentran variables de flujo como la tasa de llegada de órdenes, las demoras asociadas en la ejecución de estas órdenes y retroalimentaciones asociadas como el cumplimiento de órdenes.

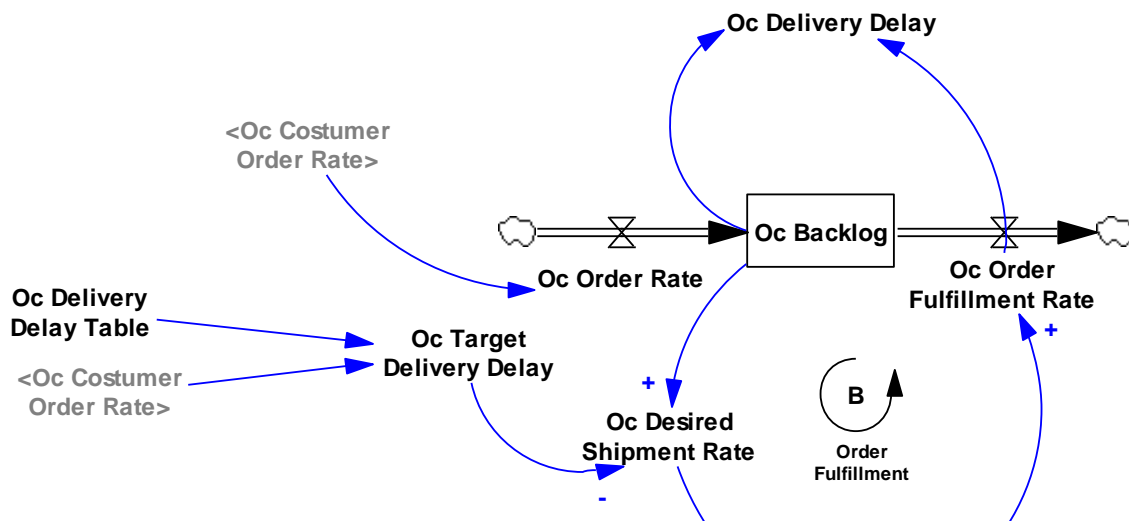


Figura 38. Sección de acumulación de órdenes, modelo inventario Oc

Importante destacar el bucle de retroalimentación positiva que se ha llamado, Order Fulfillment, que representa la relación creciente que existe entre la tasa creciente de entrega, recepción de pedidos y la tasa de entrega, encontrándose la relación creciente, que se muestra similar a lo que Sterman llama una relación bola de nieve.

La representación matemática de las variables que representan este modelo se muestra seguidamente, sin embargo es relevante mencionar la definición de algunas variables.

**Oc Backlog (Widgets):** es una variable de nivel y representa la acumulación de órdenes de compra, que se van atrasando

**Oc Shipment Rate (Widgets/Day):** representa la tasa de envío de productos a los clientes.

**Oc Order Fulfillment Rate (Widgets/Day):** es la tasa de entrega y depende de la tasa de envíos a los clientes o el Shipment Rate Oc.

**Oc Costumer Order Rate (Widgets/Day):** esta variable representa la tasa de órdenes de pedido que le llegan a Empresa manufacturera. Para modelar esta variable se ha obtenido una serie histórica de datos desde el primero de septiembre del 2010 hasta el 25 de agosto del 2012, última fecha de la que se tiene información de la empresa. El programa de simulación Vensim, requiere exportar información contenida en una tabla de Excel a través de la función 'GET XLS DATA'. Este Libro contiene la información de la demanda diaria de los 3 productos escogidos para el estudio.

**Oc Order Rate (Widgets/Day):** es igual que la variable Customer Order rate, es necesaria esta complicación ya que la segunda es una variable sombra y la utilidad de estas es que pueden ser usadas incluso múltiples veces en distintos modelos .

**Oc Target Delivery Delay (Day):** este es el tiempo que tarda la empresa en enviar sus productos al cliente, para los 3 productos seleccionados de manera independiente, típicamente este tiempo depende exclusivamente de las cantidades de productos a despachar. Para su modelación se hizo uso de una tabla la cual dependiendo la cantidad a despachar asigna un valor en días el cual corresponde al tiempo de envío.

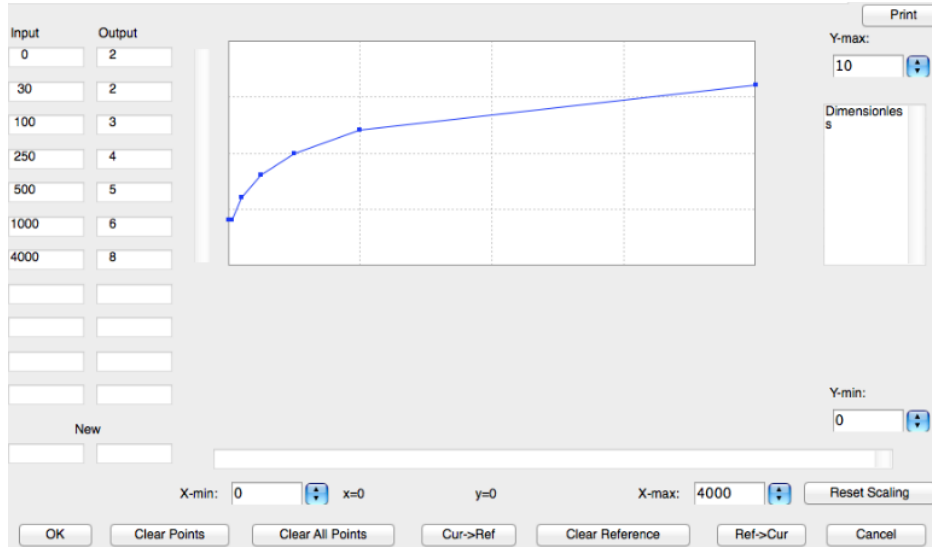


Figura 39. Delivery Delay Table

**Oc Delivery Delay (Day):** determina el tiempo efectivo que ha tardado un pedido desde su radicación hasta ser enviado exitosamente, esta tasa a la larga se convierte en una demora en el sistema.

**Oc Desired Shipment Rate (Widgets/Day):** es la tasa de envío deseada y está determinado por la cantidad de pedidos acumulados sobre el tiempo que demora en enviar cada pedido.

$$Oc Backlog = \int (Oc Order Rate - Oc Order Fulfillment Rate) dt \quad [107]$$

$$Oc InitialValue = Oc Order Rate * Oc Target Delivery Delay \quad [108]$$

$$Oc Orderrate = Oc Customer Order Rate \quad [109]$$

$$Oc Orderfulfillment rate = Oc Shipment Rate \quad [110]$$

$$Oc Deliverydelay = \frac{Oc Backlog}{Oc Order Fulfillment Rate} \quad [111]$$

$$Oc DesiredShipment Rate = \frac{Oc Backlog}{Oc Target Delivery Delay} \quad [112]$$

$$Oc Shipment Rate \quad [113]$$

$$= MIN(Oc Desired Shipment Rate, Oc Maximum Shipment Rate)$$

$$+ (Oc Desired Shipment Rate * Oc Order Fulfillment Ratio * 0)$$

$$= \text{Delivery Delay Table}(\text{Oc Costumer Order Rate})$$

- II. **Sección Inventario terminado (Oc Inventory):** Esta parte se encarga de modelar los inventarios de productos terminados, existen dos bucles asociados a esta sección, el primero conocido como control de inventarios (Inventory Control), es un bucle de retroalimentación negativa y se encarga de balancear el sistema de inventarios, evitando que estos alcancen niveles desproporcionados, ya que genera un balance entre la cantidad de inventario de un momento dado y la cantidad de producción que es posible maquinar en ese instante, este bucle se apoya de otras variables como el tiempo de ciclo, el cual limita la cantidad de productos que se terminan por instante de tiempo.

Otro bucle asociado a la sección de inventarios es el llamado Stockout, este es un bucle de retroalimentación positiva o bola de nieve, el cual incentiva la salida de productos terminados del sistema.

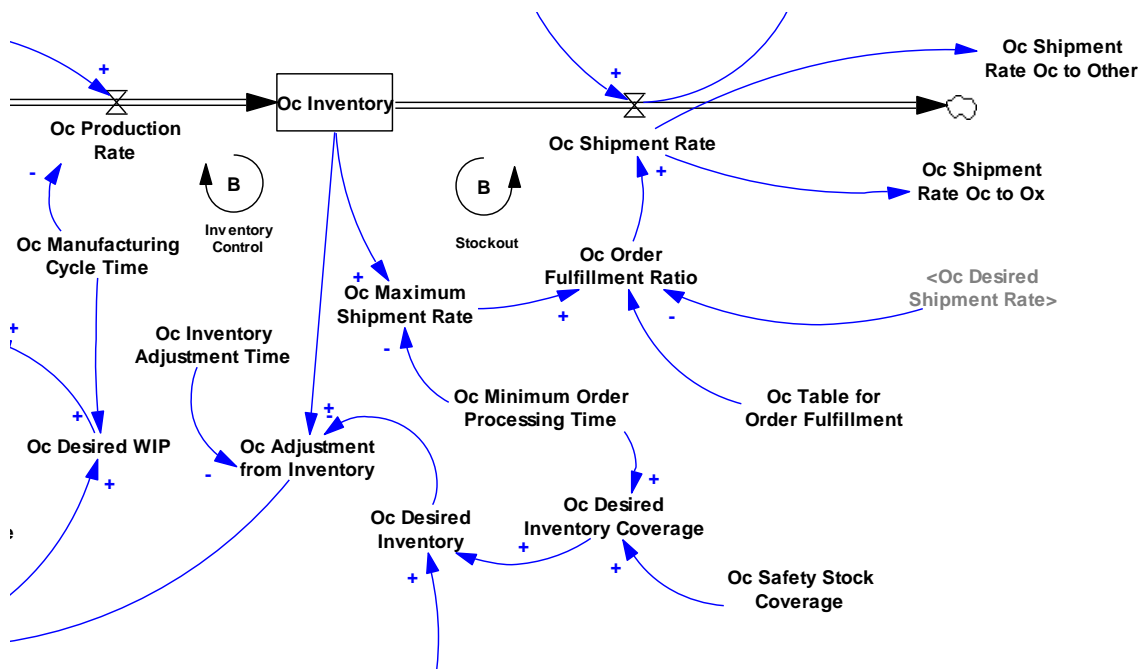


Figura 40. Sección modelo de inventario, empresa manufacturera

**Oc Production Rate (Widgets/Day):** es la tasa de producción de la empresa, y se refiere a la cantidad de producto terminado que se genera por unidad de tiempo.

**Oc Inventory (Widgets/Day):** corresponde al nivel del inventario de la empresa de producto terminado, lo alimenta la variable Producción Rate y hace que disminuya la variable Shipment Rate.

**Oc Shipment Rate (Widgets/Day):** la tasa de envío de los productos terminados al cliente es la multiplicación de la cantidad deseada de envíos por la proporción de pedidos que se pueden enviar. Esta proporción se relaciona con una tabla (ver variables auxiliares). Esta variable de flujo es la encargada de disminuir los niveles de inventarios. En el modelo se trabaja con dos variables extras de Shipment Rate, una para la empresa comercializadora que hace parte de este caso de estudio y otra que acumula a todas las otras empresas a las cuales sirve la empresa manufacturera.

**Oc Inventory Adjustment Time (Day):** el ajuste de inventario es el periodo de tiempo sobre el cual la empresa busca mantener un nivel deseado de inventario, o sea el tiempo de revisión del inventario de cada producto. Los tiempos en día para cada producto son 15, 15, 15 días respectivamente para las referencias Novaiso, Ergon Media, Isósceles.

**Oc Adjustment From Inventory (Widgets/Day):** el ajuste de inventario es la variable que determina cuanto produce o se deja de producir según la relación del nivel de inventario que se posea y el que se desea, sobre el tiempo en que se revisa el inventario.

**Oc Máximum Shipment Rate (Widgets/Day):** la cantidad máxima de envíos por día es la relación de la cantidad de inventario final que posee la empresa, sobre el tiempo mínimo que maneja la empresa para dejar listo un pedido.

**Oc Order Fulfillment Ratio (Widgets/Day):** la fracción de envío al cliente está determinada por la tabla de máximo envío que depende del nivel de inventario, sobre la tasa deseada de envíos.

**Oc Table For Order Fulfillment:** esta tabla fue diseñada para restringir el envío de productos terminados al cliente dependiendo de la disponibilidad de inventario final, a través una fracción que depende del nivel de inventario.

**Oc Safety Stock Coverage (Widgets/Day):** la cobertura del inventario de seguridad para materia prima, está determinada como el tiempo que la empresa desearía mantener en inventario de seguridad contra la posibilidad de fluctuaciones de la demanda, esto dado que la escasez de material impide el inicio de producción y retrasos en los envíos del producto terminado.

Según las políticas de la empresa se ha establecido que la empresa manufacturera requiere 2 días por producto en el orden antes establecido.

**Oc Minimum Order Process Time (Day):** esta variable es el tiempo requerido para procesar y enviar una orden de pedido al cliente. Según información de la empresa este tiempo consta de dos días en promedio, por cada pedido de cada producto.

**Oc Desired Inventory Coverage (Day):** la cobertura del inventario deseada, es el número de días que la empresa busca mantener en inventario. Representado por el inventario de productos más el inventario de seguridad de cada producto.

#### Expected Order Rate:

Otra Sección del modelo que contiene una variable de nivel y que está asociado al modelo de inventario es la modelación de la tasa de ordenes esperadas (Expected Order Rate):

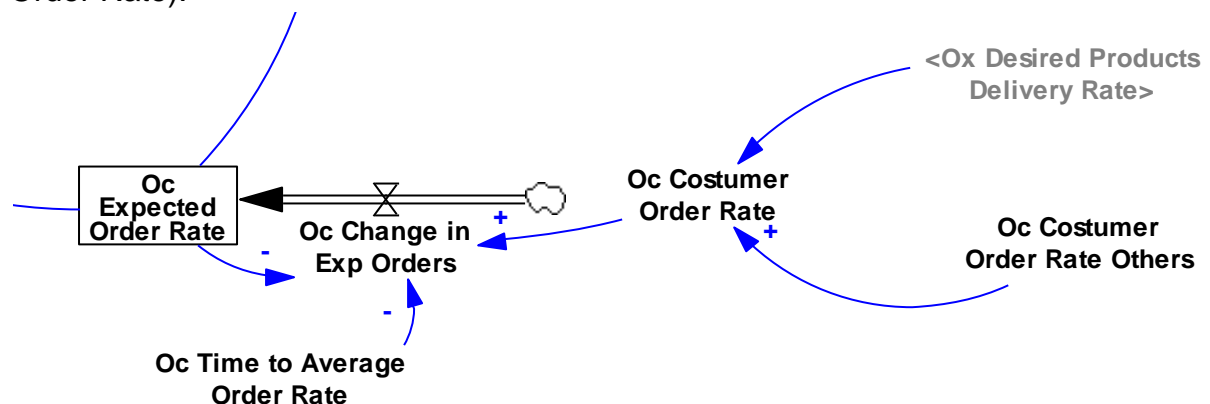


Figura 41. Sección Expected Order Rate Oc

Los modelos se unen por medio de la variable Desired Inventory Oc, y es ésta variable la más importante de este sub modelo, ya que toda la modelación se realiza para poder producirla. Las variables asociadas son:

**Oc Desired Inventory (Widgets/Day):** corresponde a la cantidad de inventario que se desea tener de producto terminado, sin embargo esta cantidad está restringida por el espacio disponible y el costo asociado.

**Oc Time To Average Order Rate (Day):** tiempo promedio entre órdenes, para las referencias Novaiso y Ergon media es de 30 días en cambio para la referencia isósceles es de 15 días.

**Oc Expected Order RATE (Widgets):** corresponde a una variable de nivel que acumula las órdenes de pedido, estas se van acumulando y generando sus respectivas demoras.

**Ox Desired Products Delivery Rate (Widgets/Day):** esta variable de tipo sombra proviene del modelo de inventarios de la empresa comercializadora y se refiere a la demanda de esta empresa. Para mayor información dirigirse a la sección IV de este capítulo en la página 131.

**Oc Customer Order Rate Others (Widgets/Day):** esta variable de tipo auxiliar se refiere a la demanda proveniente de los otros clientes de la empresa manufacturera.

**OC Customer Order Rate (Widgets/Day):** se refiere a la tasa de compras por parte de los clientes, es decir la demanda. Para su modelación se tuvo en cuenta la demanda por parte de la empresa comercializadora incluida en este caso de estudio así como también la demanda perteneciente a los otros clientes.

**Oc Change In Exp Orders (Widgets/Day):** se refiere a la tasa de órdenes de compra por parte de los clientes que entra al sistema, ajustado con la tasa promedio entre órdenes.

$$Oc\ Inventory = \int (Oc\ Production\ Rate - Oc\ Shipment\ Rate) dt \quad [115]$$

$$Initial\ Value = Oc\ Inicial\ Inventory \quad [116]$$

***Oc Production Rate***

$$= DELAY\ N(Oc\ Production\ Start\ rate, Oc\ Manufacturing\ Cycle\ Time, 0, 4) \quad [117]$$

***Oc Shipment Rate***

$$= MIN(Oc\ Desired\ Shipment\ Rate, Oc\ Maximum\ Shipment\ Rate) + (Oc\ Desired\ Shipment\ Rate * Oc\ Order\ Fulfillment\ Ratio * 0) \quad [118]$$

$$Oc\ MaximumShipment\ Rate = \frac{Oc\ Inventory}{Oc\ Minimum\ Order\ Processing\ Time} \quad [119]$$

***Oc OrderFulfillment Ratio***

$$= Oc\ Table\ for\ Order\ Fulfillment\ (ZIDZ(Oc\ Maximum\ Shipment\ Rate, Oc\ Desired\ Shipment\ Rate)) \quad [120]$$

***Oc Tablefor order fulfillment***

$$= Representa\ el\ comportamiento\ del\ cumplimiento\ de\ las\ ordenes, tasa \quad [121]$$

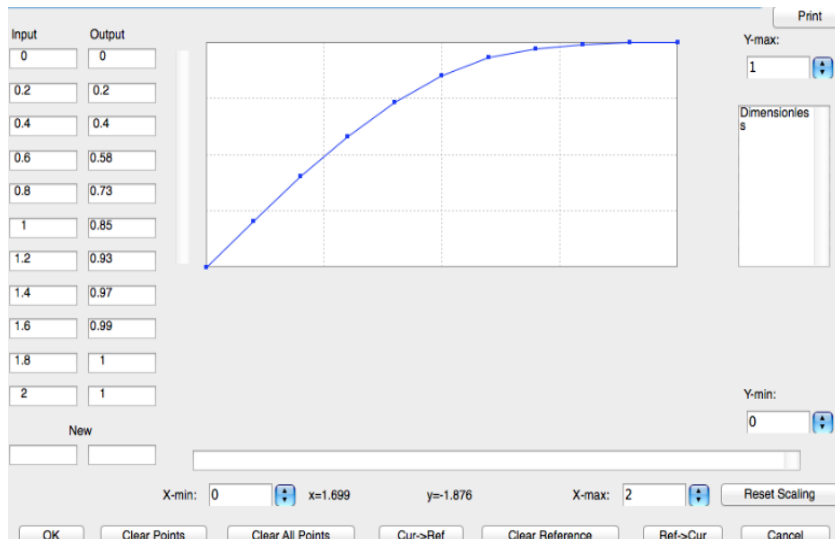


Figura 42.Table for order fulfillment Oc

***Oc Adjustmentfrom Inventory***

$$= \frac{(Oc\ Desired\ Inventory - Oc\ Inventory)}{Oc\ Inventory\ Adjustment\ Time} \quad [122]$$



***Desired Inventory Coverage Oc*** [123]

= *Minimum Order Processing Time Oc*  
 + *Safety Stock Coverage Oc*

***DesiredInventory Oc*** [124]

= *Customer Order Rate Out Oc*  
 \* *Desired Inventory Coverage Oc*

***DesiredProduction Oc*** [125]

= *MAX(0, Customer Order Rate Out Oc*  
 + *Adjustment from Inventory Oc*

***ExpectedOrder Rate Oc*** =  $\int (Change\ in\ Exp\ Orders\ Oc)dt$  [126]

***CustomerOrder Rate Oc*** [127]

= *Costumer order rate others*  
 + *Desired Products Delivery Rate Ox*

III. **Sección inventario de trabajo en proceso:** (*Oc Work in Process Inventory*):

En este caso se modelan los inventarios de productos semi-terminados, las variables que conforman esta sección están asociadas con el control del trabajo en proceso. Existe un bucle de retroalimentación negativa o bucle de balance llamado: WIP Control, el cual hace la labor de controlar que los inventarios de materia prima en proceso no se eleven demasiado, manteniendo en relación un periodo de revisión, materiales disponibles y producción deseada, entre otras. Vale la pena resaltar que los niveles de inventario de producto en proceso se mantienen de acuerdo a los niveles deseados de producción.

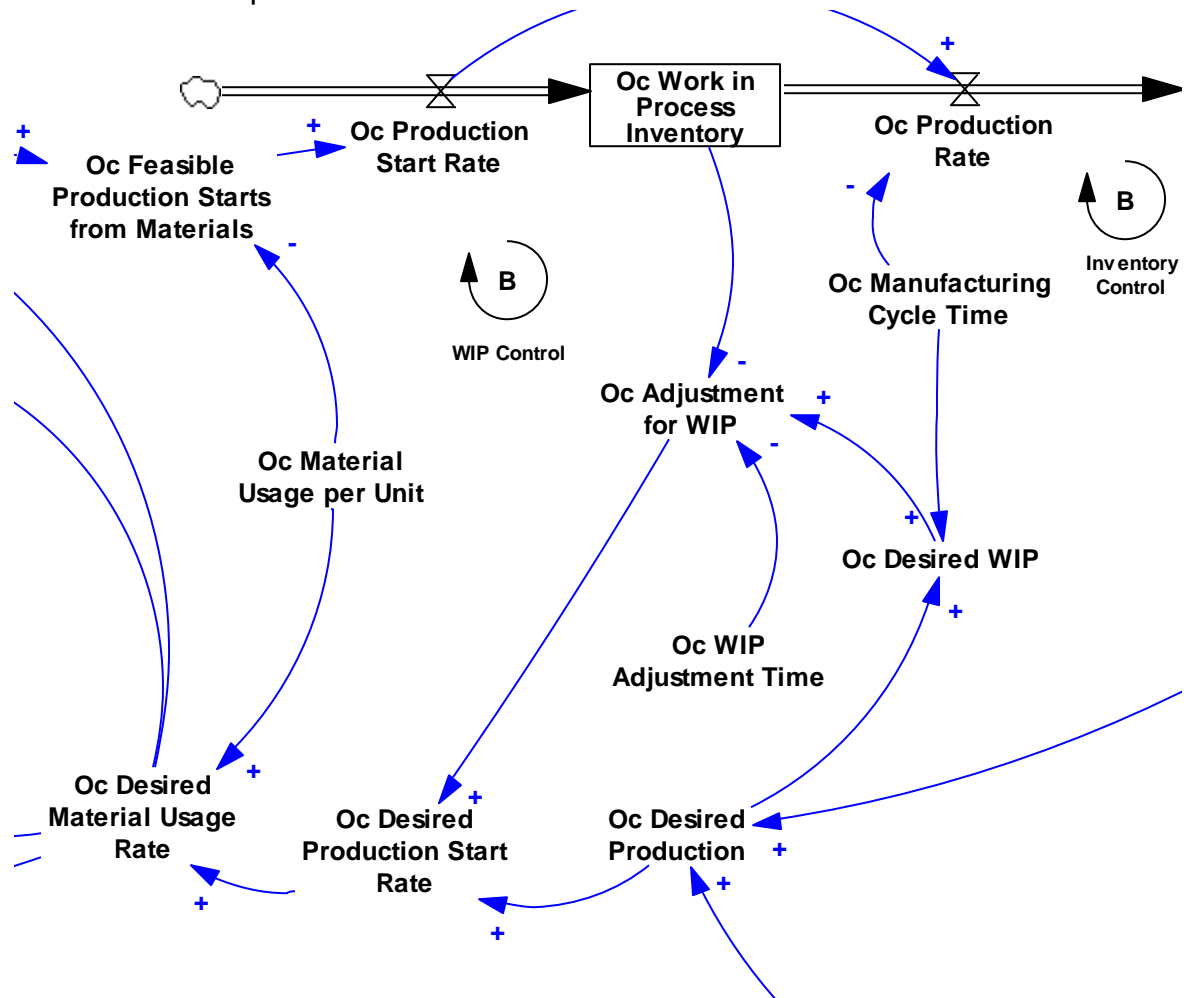


Figura 43. Sección inventario de trabajo en proceso, modelo de inventario Oc

Las definiciones de las variables asociadas son las que siguen:

**Oc Work In Process Inventory (Widgets):** esta variable representa el nivel de inventario de producto en proceso o semi terminado que mantiene la empresa manufacturera.

**Oc Production Start Rate (Widgets/Day):** dado que es igual a la variable Feasible Production Starts From Materials, su naturaleza es de tasa y representa la tasa factible de producción. Está directamente relacionada con los niveles de inventario de materia prima.

**Oc Feasible Production Starts From Materials (Widgets/Day):** representa la cantidad de referencias que se pueden ir produciendo de acuerdo a los niveles de materia prima y a los requerimientos de ésta respecto a cada referencia.

**Oc Production Rate (Widgets/Day):** consiste en la tasa de producción, esta variable de flujo depende del tiempo de ciclo de los productos y es la responsable de disminuir el nivel de inventario de producto en proceso.

**Oc Desired Production (Widgets/Day):** la producción deseada está definida como el máximo entre la tasa de órdenes del consumidor más el ajuste de inventario y cero, esto para garantizar que el modelo no mande a producir un número negativo de productos. En las ocasiones en que el inventario de producto terminado puede cumplir con la demanda o con un pedido no es necesario producir nada.

**Oc Manufacturing Cycle Time (Day):** es el tiempo de ciclo de la producción. Para el caso de estudio son diferentes por referencia y por cliente (Ofiexport y otros)

Tabla 2. Tiempos de ciclo de manufactura por referencia y por cliente

Referencia	Ofiexport (Días)	Otros (Días)
Novaiso	1.4	3
Ergon Media	1	2
Isósceles	1	1

**Oc Desired Wip (Widgets):** la Cantidad deseada de producto en proceso, está determinada por la cantidad deseada a producir por el tiempo de ciclo de cada producto. Para el caso de estudio será de un día para cada referencia.

**Oc Wip Adjustment Time (Day):** el tiempo de ajuste, es el tiempo de revisión del inventario de producto en proceso que para cada producto está determinado aproximadamente de un día.

**Oc Adjustment For Wip (Widgets/Day):** el ajuste de inventario está determinado por la diferencia entre el nivel actual de inventario de producto en proceso con el nivel deseado de inventario de producto en proceso, sobre el tiempo de revisión de este inventario el cual puede tomar valores positivos y negativos.

**OC DESIRED PRODUCTION START RATE (Widgets/Day):** la tasa producción deseada para iniciar producción está determinada por la tasa de producción deseada más el ajuste de tiempo, para evitar un numero negativo se utiliza la función Max.

**Oc Desired Material Usage Rate (Widgets/Day):** la tasa deseada de material a usar depende del inicio deseado de la producción y el número de unidades en términos de materia prima que requiere una referencia determinada. Como este número no puede ser negativo se usa la función máximo entre cero y la multiplicación entre el deseado de inicio de producción por el número de partes que compone cada referencia.

Ecuaciones asocias a la sección:

$$\begin{aligned} &\textbf{Oc Workin Process Inventory} && [128] \\ &= \int (\text{Oc Production Start rate} - \text{Oc Production Rate}) dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\textbf{Oc ProductionRate} && [129] \\ &= \text{DELAY } N(\text{Oc Production Start rate}, \text{Oc Manufacturing Cycle Time}, 0, 4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\textbf{Oc ProductionStart rate} && [130] \\ &= \text{Oc Feasible Production Starts from Materials} \end{aligned}$$

***Oc Desired WIP*** [131]

$$= Oc \text{ Manufacturing Cycle Time } * Oc \text{ Desired Production}$$

***Oc Adjusment for WIP*** [132]

$$= \frac{(Oc \text{ Desired WIP} - Oc \text{ Work in Process Inventory})}{Oc \text{ WIP adjustment Time}}$$

***Oc Desired Production*** [133]

$$= MAX(0, Oc \text{ Customer Order Rate Out} \\ + Oc \text{ Adjustment from Inventory})$$

***Oc Desired Production Start Rate*** [134]

$$= MAX(0, Oc \text{ Desired Production} + Oc \text{ Adjusment for WIP})$$

***Oc Feasible Production Starts from Materials*** [135]

$$= \frac{Oc \text{ Material Usage Rate}}{Oc \text{ Material Usage per Unit}}$$

[136]

***Oc Desired Material Usage Rate***

$$= MAX(0, Oc \text{ Desired Production Start Rate} \\ * Oc \text{ Material Usage per Unit})$$

- IV. **Sección Inventario de materias primas (Oc Materials Inventory):** modela el nivel de inventario de materias primas, asociada a esta se encuentran los bucles de retroalimentación de control de la cantidad de materias primas, variables de flujo como la tasa de uso de materiales o variables exógenas como la cantidad de materia prima deseada.

La modelación de las materias primas implica dos bucles de retroalimentación, uno positivo y uno negativo, el primero llamado Material Stockout, se encarga de mantener creciente la salida de materiales del inventario de materias primas, mientras que el segundo (Material Control) genera balance entre la entrada de materias primas y el tiempo de ajuste asociado a la revisión de inventario de materias primas, en general este bucle garantiza que los inventarios de materias primas no se eleven infinitamente.



**Oc Desired Products Delivery Rate:** la tasa deseada de requerimiento de inventario está determinado por la tasa deseada de requisición de sobre la cantidad de componentes utilizados por referencia, representa la cantidad deseada de partes a pedir al proveedor. Como no se puede pedir un número negativo a un proveedor, se escoge el número mayor entre cero y el nivel deseado.

**Oc Material Usage Ratio:** representa la proporción de uso de materia prima por referencia.

**Oc Desired Material Delivery Rate (Widgets/Day):** la tasa deseada de requerimiento de inventario está determinado por la tasa deseada de requisición de inventario más el ajuste de inventario de materia prima, esta variable es la que se le presenta a la empresa manufacturera como proveedor de la cadena de suministro. Como no se puede pedir un número negativo a un proveedor, se escoge el número mayor entre cero y el nivel deseado.

**Oc Material Inventory Adjustment Time (Day):** el tiempo en que se revisa el inventario de seguridad de materia prima, este tiempo se modela en días y estos son diferentes por tipo de referencia y tipo de cliente.

**Oc Desired Material Inventory Coverage (Widgets):** el nivel deseado de inventario de materia prima, está relacionado con las políticas de la empresa. Para el caso de la empresa manufacturera se habla de 7,4 y 4 días para las referencias de Novaiso, Ergon media e Isósceles respectivamente.

$$\begin{aligned} & \textbf{Oc MaterialsInventory} & [137] \\ & = \int (\text{Oc Material Delivery Rate} - \text{Oc Material Usage Rate}) dt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \textbf{Oc MaterialDelivery Rate} & [138] \\ & = \text{MAX}(0, \text{Oc Desired Material Usage Rate} \\ & \quad + \text{Oc Adjustment for Material Inventory}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \textbf{MaterialUsage Rate Oc} & [139] \\ & = \text{Oc Desired Material Usage Rate} \\ & \quad * \text{Oc Material Usage Ratio} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Oc Desired Products Delivery Rate} & [140] \\ & = \frac{\text{Oc Desired Material Delivery Rate}}{\text{Oc Material Usage per Unit}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Oc Desired Material Delivery Rate} & [141] \\ & = \text{MAX}(0, \text{Oc Desired Material Usage Rate} \\ & \quad + \text{Oc Adjustment for Material Inventory}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Adjustment for Material Inventory Oc} & [142] \\ & = \frac{(\text{Oc Desired Material Inventory} - \text{Oc Materials Inventory})}{\text{Oc Material Inventory Adjustment Time}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Oc Desired Material Inventory} & [143] \\ & = \text{Oc Desired Material Usage Rate} * \text{Oc} \\ & \quad \text{Material Safety Stock Coverage} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Desired Material Usage Rate Oc} & [144] \\ & = \text{MAX}(0, \text{Oc Desired Production Start Rate} \\ & \quad * \text{Oc Material Usage per Unit}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Material Usage Ratio Oc} = \text{ZIDZ}(\text{Oc Materials Inventory}), & [145] \\ & \quad \text{Oc Desired Material Usage Rate}) \end{aligned}$$

### 3.4.7 Modelo de flujo de caja del caso de estudio, empresa manufacturera

El último modelo que hace parte de este proyecto es el de flujo de caja de la empresa manufacturera, para lograr entender el funcionamiento de la realidad de la empresa fue necesario tener múltiples entrevistas con los directivos de la empresa, en donde se logró entender de forma detallada las políticas que son empleadas en la empresa para administrar, por ejemplo; las cuentas por pagar y cuentas por cobrar, sin embargo para efectos de la modelación fue necesario conocer aspectos íntimos de las empresas para lograr tener una simulación más cercana a la realidad. Vale la pena resaltar que para este modelo se manejaron dos subscripts respecto a los clientes, uno para la empresa comercializadora y otro para los demás clientes los cuales representan la mayor parte de las ventas. Las políticas en cuanto a periodicidad de pago y cobro son diferentes para los dos tipos de clientes y estas a su vez fueron sacadas de los archivos históricos



suministrados por la compañía. Para observar el modelo con sus distintas secciones en conjunto remitirse a los Anexos.

- I. **Sección flujo de caja (Oc Cash Flow):** la variable de nivel “Oc Cash Flow” representa el dinero que posee la compañía en caja en un instante de tiempo determinado. El “Cash Flow “o flujo de caja se ve influenciado por dos variables de nivel, Oc Ficiary Saves y Oc Taxes Payable, la primera se refiere a un repositorio que almacena dinero, a diferencia del caso de la empresa distribuidora, este repositorio puede contener dinero por parte de bancos o por ahorros de la empresa y sus accionistas. La variable de nivel que resta, es la que representa el pago de impuestos, este repositorio se va llenando a medida en que se generan ventas y se vacía al momento en que se generan pagos a la dirección de impuestos nacionales. Estos pagos se realizan dos veces por año.

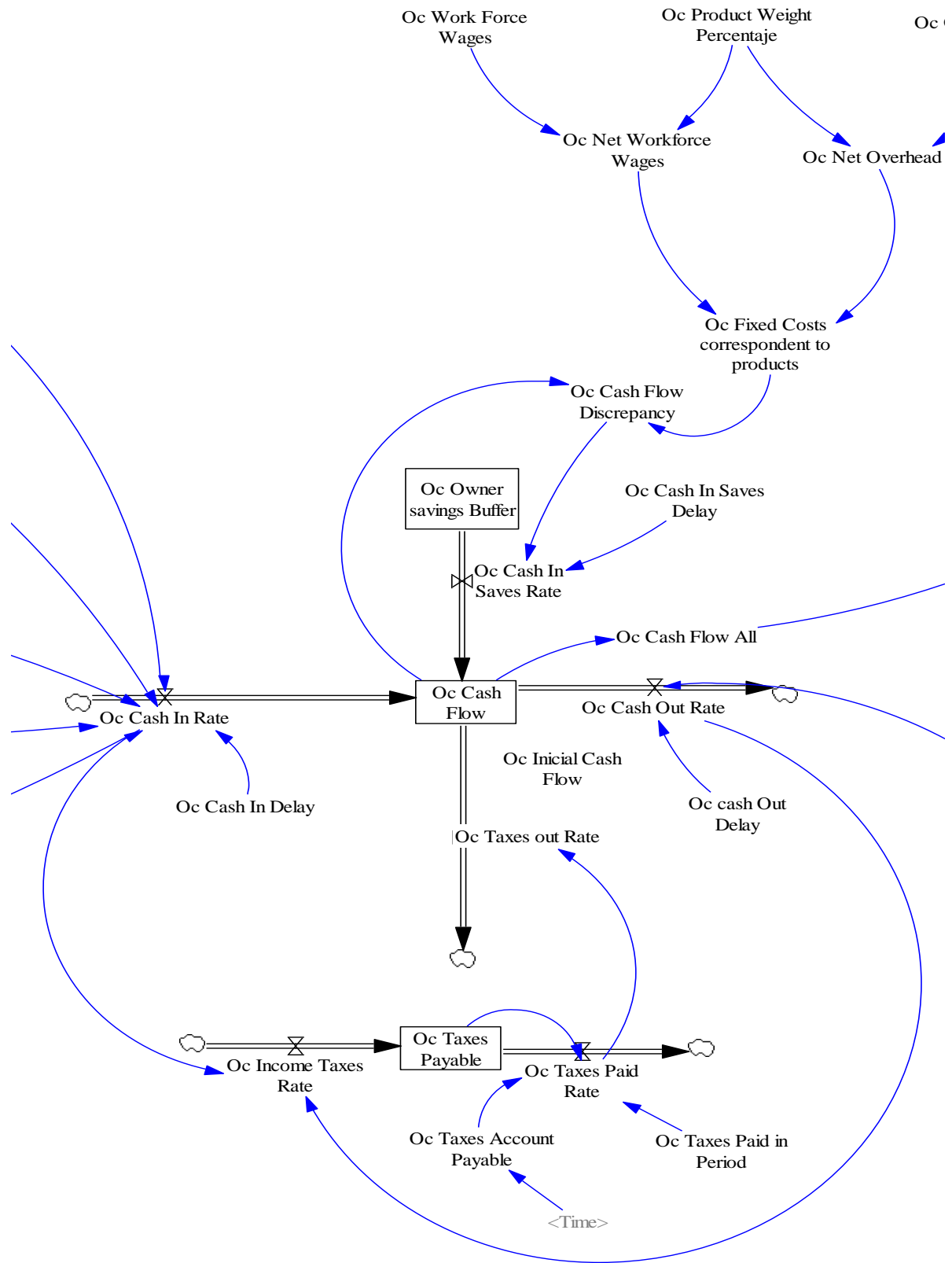


Figura 45. Modelo de flujo de caja, empresa manufacturera

**Oc Cash In Rate (Money/Day):** esta variable representa el flujo de dinero que ingresa hacia la empresa distribuidora producto de las cuentas por cobrar acreditadas y del dinero en efectivo producto de las ventas. Asociada a esta variable se encuentra una demora, que es inherente al proceso administrativo. Para entender de mejor manera esta demora, por favor remítase a la sección 3.4.5, donde se explica el modelo de flujo de caja para la empresa distribuidora.

**Oc Cash In Delay (Day):** es una demora asociada al ingreso de efectivo a cartera, la lógica de esta demora se explicó anteriormente. Corresponde a 2 días en promedio.

**Oc Cash Flow (Money):** esta variable acumula el dinero en el flujo de caja de la empresa manufacturera y está determinado por el dinero que entra a la empresa por concepto de ventas menos el dinero que sale de la empresa por los pagos de nómina, administración y compras. Esta variable determinará la cantidad de dinero en efectivo que tiene la empresa en determinados momentos de tiempo.

**Oc Cash Out Rate (Money/Day):** esta variable representa el flujo de dinero que sale de la empresa como motivo de pago a proveedores u otros compromisos financieros y está determinada por un condicional para no tener un flujo de caja negativo. Esta variable se ve afectada directamente por las cuentas generadas a modo de costos fijos, gastos operativos y por su puesto las cuentas por pagar por término de compra de materia prima. Asociada a esta variable se encuentra una demora, que es inherente al proceso administrativo y es en promedio de dos días. La existencia de esta demora sigue una lógica similar a la que se mencionó en *Oc cash In*, y en este caso se relaciona esta demora con el tiempo en que se identifica que se debe pagar una cuenta y el tiempo en que realmente se efectúa el pago.

**Oc Cash Out Delay (Day):** representa el valor promedio en días del tiempo en que demora la empresa en; 2 días.

**Oc Income Taxes Rate (Money/Day):** esta variable de flujo representa la generación de costos en impuestos, la cual se ve afectada por el nivel del flujo de caja.

**Oc Taxes Payable (Money):** es una variable de nivel que acumula el dinero que se paga por concepto de impuestos.

**Oc Taxes Paid Rate (Money/Day):** variable de flujo que representa la tasa en que se pagan los impuestos por parte de la empresa, esta variable se ve afectada por el periodo de tiempo en que deben pagarse los impuestos y una tabla que representa el periodo en el que deben realizarse estos pagos.

**Oc Work Force Wages (Money/Day):** esta variable representa el valor de la nómina de la empresa distribuidora, estos son valores fijos suministrados por la empresa.

**Oc Net Workforce Wages (Money/Day):** esta variable representa el costo de la fuerza de trabajo en la empresa manufacturera, y está determinado por la multiplicación entre el valor de la nómina y una proporción denominada Oc Product Value, la cual representa del total de la nómina que porcentaje se utilizó en la elaboración de los productos en estudio.

**Oc Overhead (Money/Day):** esta variable representa los costos y gastos administrativos de la empresa distribuidora, y está determinada por la sumatoria de la nómina de trabajadores y los gastos administrativos.

**Oc Net Overhead (Money/Day):** esta variable representa los gastos administrativos y costos fijos pagados como concepto de la producción de las referencias en estudio.

**Oc Owner Savings Buffer (Money/Day):** representa un deposito en el cual se encuentra dinero perteneciente a la compañía bien sea por concepto de ahorros o préstamos bancarios, el objetivo de esta variable de nivel es suplir de dinero cuando el flujo de caja es menor que el monto de los compromisos financieros.

**Oc Cash In Saves Rate (Money/Day):** esta variable de flujo tiene la propiedad de marcar el ritmo al que se le suministra dinero a manera de préstamo a la empresa, esta se activa siempre y cuando exista una discrepancia negativa entre el dinero que debe pagarse y la cantidad de dinero que hay en caja.

**Oc Cash Flow Discrepancy (Money/Day):** esta variable representa la discrepancia que existe entre el flujo de caja y los costos administrativos a cancelar, está determinada por la diferencia entre el flujo de caja y las deudas por parte dela empresa distribuidora.

$$\begin{aligned} \text{Oc Cash Flow} & \quad [146] \\ &= \text{Oc Cash In Rate} + \text{Oc Cash In Saves Rate} - \text{Oc Cash Out Rate} \\ &\quad - \text{Oc Taxes out Rate})dt \end{aligned}$$

$$\text{Initial value} = \text{Oc Inicial Cash Flow} \quad [147]$$

$$\text{Oc Owner savings Buffer} = \int (-\text{Oc Cash In Saves})dt \quad [148]$$

$$\text{Initial value} = 1.5e + 007 \quad [149]$$

$$\text{Oc Taxes Payable} = \int (\text{Oc Income Taxes Rate} - \text{Oc Taxes Paid Rate}) dt \quad [150]$$

$$\begin{aligned} \text{Oc Income Taxes Rate} \\ = \text{MAX}(0, (\text{Oc Cash In Rate} - \text{Oc Cash Out Rate}) * 0.33) \end{aligned} \quad [151]$$

$$\begin{aligned} \text{Oc Taxes Paid Rate} \\ = \text{DELAY N}(\text{Oc Taxes Payable} \\ * \text{Oc Taxes Account Payable, Oc Taxes Paid in Period} \\ , 0, 100) \end{aligned} \quad [152]$$

$$\text{OC Cash Out Rate} = \text{DELAY N}(\text{Oc Cash Payments Oc cash Out Delay}, 0, 1) \quad [153]$$

$$\begin{aligned} \text{Oc Cash In Rate} \\ = \text{DELAY N}(\text{Oc sales In Cash} + \text{"Oc 30} \\ - 60 \text{ Credit Sales Out Rate"} + \text{"Oc < 30 Credit Sales Out Rate"} \\ + \text{"Oc 60 - 90 Credit Sales Out Rate"} + \text{"Oc} \\ > 90 \text{ Credit Sales Out Rate"} , \text{Oc Cash In Delay}, 0, 8) \end{aligned} \quad [154]$$

$$\begin{aligned} \text{OC Cash In Saves Rate} \\ = \text{DELAY N}(\text{MAX}(0, \text{Oc Cash Flow Discrepancy}), \text{Oc Cash In Saves Delay}, 0, 3) \end{aligned} \quad [155]$$

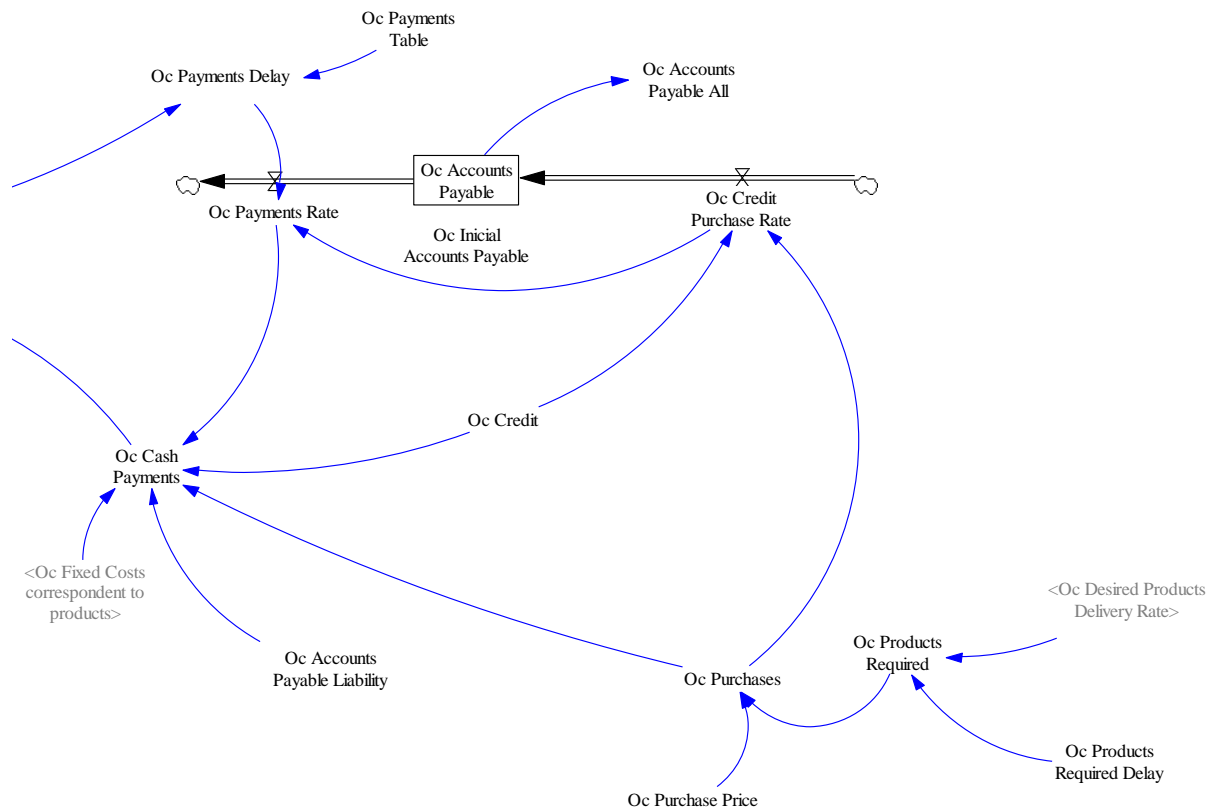
$$\begin{aligned} \text{Oc Cash Flow Discrepancy} \\ = \text{Oc Fixed Costs correspondent to products} - \text{Oc Cash Flow} \end{aligned} \quad [156]$$

$$\begin{aligned} \text{Oc Fixed Costs correspondent to products} \\ = \text{Oc Net Workforce Wages} + \text{Oc Net Overhead} \end{aligned} \quad [157]$$

$$\begin{aligned} \text{Oc Net Workforce Wages} \\ = \text{Oc Work Force Wages} * \text{Oc Product Weight Percentaje} \end{aligned} \quad [158]$$

$$\text{Oc Net Overhead} = \text{Oc Overhead} * \text{Oc Product Weight Percentaje} \quad [159]$$

- II. **Sección cuentas por pagar (Oc Account Payable):** esta sección modelo pertenece a las cuentas por pagar que básicamente se generan como concepto de compra de materia prima a crédito. El modelo se muestra a continuación:



**Figura 46. Sección Oc Accounts Payable**

**Oc Account Payable (Money):** esta variable de nivel acumula todas aquellas compras a proveedores realizados a crédito.

**Oc Purchases (Money/Day):** representa el total de las compras realizadas por la compañía.

**Oc Credit Purchase Rate (Money):** esta variable de flujo representa las compras realizadas a crédito.

**Oc Credit:** corresponde al porcentaje de las ventas que son realizadas a crédito.

**Oc Payments Delay (Day):** es la demora que se refiere a los días entre pagos hechos por la empresa, para este caso los días entre pagos depende directamente del monto que debe la empresa.

**Oc Cash Payments (Money/Day):** esta variable representa el total de las deudas que se van descontando del flujo de caja. Tales como las compras en efectivo y otras responsabilidades financieras.

**Oc Payments Rate (Money/Day):** esta variable de flujo representa el pago periódico de las compras realizadas a crédito.

Las ecuaciones se muestran a continuación:

$$OC \text{ Account Payable} = \int Oc \text{ Credit Purchase Rate} - Oc \text{ Payments Rate} \quad [160]$$

$$Oc \text{ Purchases} = Oc \text{ Products Required} * Oc \text{ Purchase Price} \quad [161]$$

$$Oc \text{ Credit Purchase Rate} = Oc \text{ Purchases} * (Oc \text{ Credit}) \quad [162]$$

$$Oc \text{ Cash Payments} = \quad [163]$$

$$\begin{aligned} &Oc \text{ Purchases}[Products, Costumer] * (1 - Oc \text{ Credit}[Products, Costumer]) \\ &+ Oc \text{ Payments Rate}[Products, Costumer] \\ &+ Oc \text{ Fixed Costs correspondent to products} \\ &[Products, Costumer] + Oc \text{ Accounts Payable Liability}[Products, Costumer] \end{aligned}$$

$$Oc \text{ Payments Rate} = DELAY \ N(Oc \text{ Credit Purchase Rate}[Products, Costumer], Oc \text{ Payments Delay}[Products, Costumer], 0, 90) \quad [164]$$

$$Oc \text{ Payments Table} = \quad [165]$$

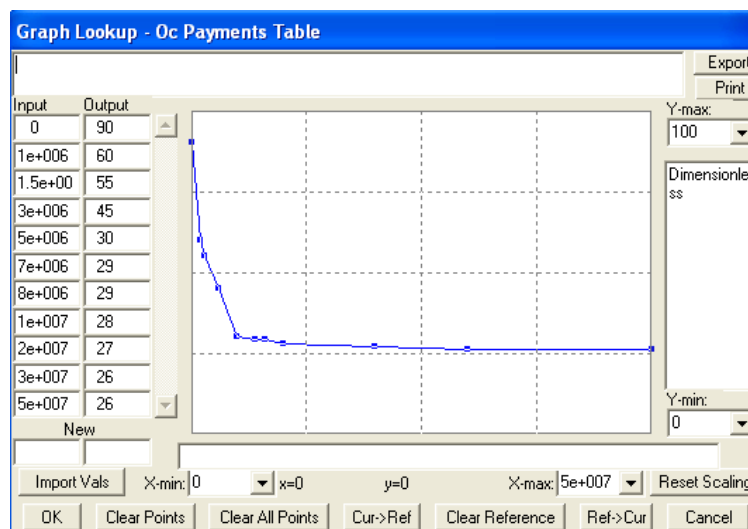


Figura 47. Oc Payments Table

III. **Sección cuentas por cobrar (OC Account Receivable):** esta sección corresponde a las cuentas por cobrar, las cuales son generadas por las ventas a crédito. Cada una de las referencias tiene unas políticas diferentes por lo cual fue necesario el uso de información histórica para calcular estos comportamientos de pago. A continuación se explicaran las variables utilizadas en este modelo:

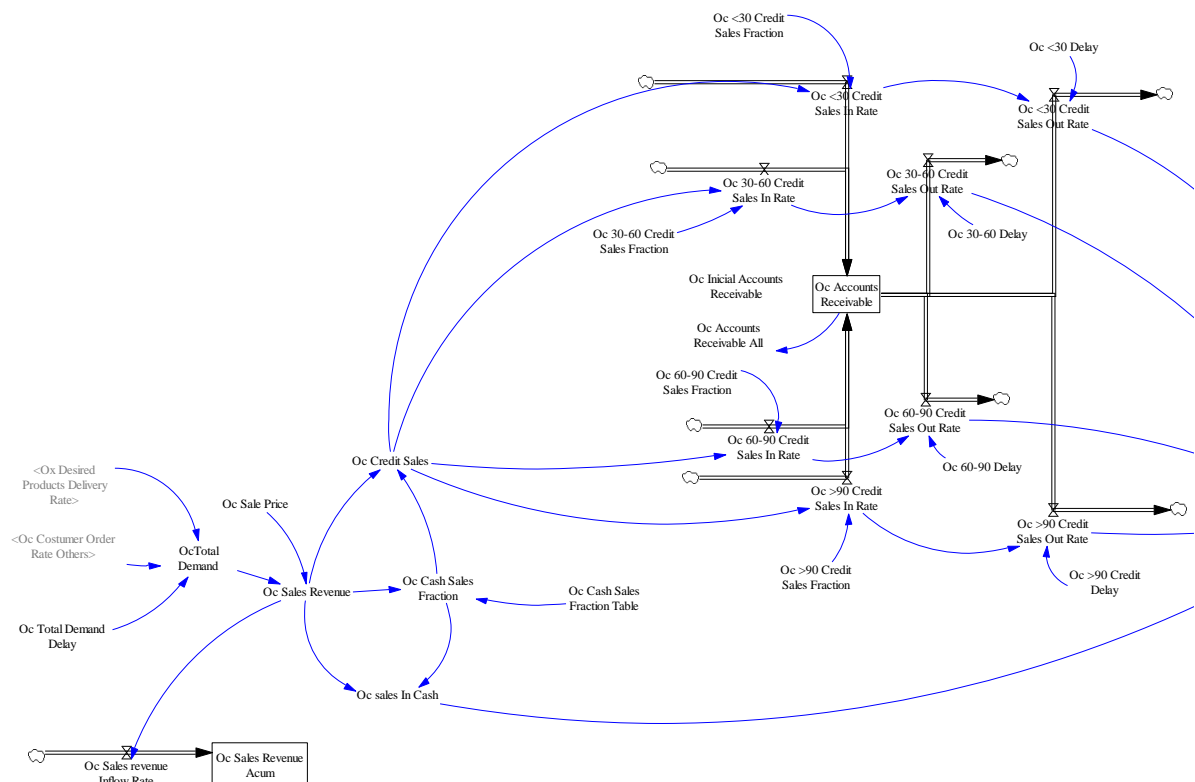


Figura 48. Sección Oc Account Receivable

**Ox Sale Price (Money):** representa el precio de venta promedio de cada uno de las referencias en estudio.

**Ox Cash Sales Fraction:** corresponde al porcentaje de las ventas que se realizan en efectivo.

**Ox Sales In Cash (Money):** representa las ventas realizadas en efectivo, se obtiene del producto entre los ingresos por ventas y el porcentaje de ventas en efectivo.



**Oc Credit Sales (Money):** dinero total que ingresa al sistema por concepto de ventas a crédito. Se modeló con un condicional con el propósito de que cuando las ventas superan un monto establecido entonces se realizará por completo a crédito.

Esto con el fin de simular lo más cercano posible las políticas de esta empresa.

**Oc Sales Revenue (Money):** esta variable representa los ingresos por venta, se obtiene al multiplicar la demanda por el precio de venta.

**Oc <30 Credit Sales In Rate (Money/ Day):** esta variable de flujo indica de las ventas a crédito que cantidad fueron remitidas hasta 30 días, surge de la multiplicación de las ventas a crédito: Oc Credits Sales y la proporción de ventas a crédito remitidas hasta 30 días: Oc 30 Credits Sales Fraction.

**Oc 30-60 Credit Sales In Rate (Money/ Day):** esta variable de flujo indica de las ventas a crédito que cantidad fueron remitidas de 30 a 60 días, surge de la multiplicación de las ventas a crédito: Oc Credits Sales y la proporción de ventas a crédito remitidas de 30 a 60 días: Oc 30 60 Credits Sales Fraction.

**Oc 60-90 Credit Sales In Rate (Money/ Day):** esta variable de flujo indica de las ventas a crédito que cantidad fueron remitidas de 60 a 90 días, surge de la multiplicación de las ventas a crédito: Oc Credits Sales y la proporción de ventas a crédito remitidas de 60 a 90 días: Oc 60 90 Credits Sales Fraction.

**Oc >90 Credit Sales In Rate (Money/ Day):** esta variable de flujo indica de las ventas a crédito que cantidad fueron remitidas a más de 90 días, surge de la multiplicación de las ventas a crédito: Oc Credits Sales y la proporción de ventas a crédito remitidas a más de 90 días: Oc 90 Credits Sales Fraction.

**Oc Accounts Receivable (Money):** es la variable más importante de esta sección, ya que es el repositorio que acumula el dinero producto de las distintas ventas a crédito.

**Oc <30 Credit Sales Out Rate (Money/ Day):** esta variable de flujo representa el pago de los créditos remitidos hasta 30 días. Es la responsable de disminuir el nivel de las cuentas por pagar, para su modelación se implementó el uso de una demora, la cual fue calculada de acuerdo al comportamiento histórico de los pagos.

**Oc 30-60 Credit Sales Out Rate (Money/ Day):** esta variable de flujo representa el pago de los créditos remitidos de 30 a 60 días. Es la responsable de disminuir el nivel

de las cuentas por pagar, para su modelación se implementó el uso de una demora, la cual fue calculada de acuerdo al comportamiento histórico de los pagos.

**Oc 60-90 Credit Sales Out Rate (Money/ Day):** esta variable de flujo representa el pago de los créditos remitidos de 60 a 90 días. Es la responsable de disminuir el nivel de las cuentas por pagar, para su modelación se implementó el uso de una demora, la cual fue calculada de acuerdo al comportamiento histórico de los pagos.

**Oc >90 Credit Sales Out Rate (Money/ Day):** esta variable de flujo representa el pago de los créditos remitidos a más de 90 días. Es la responsable de disminuir el nivel de las cuentas por pagar, para su modelación se implementó el uso de una demora, la cual fue calculada de acuerdo al comportamiento histórico de los pagos.

**Oc <30 Delay (Day):** representa la demora en días para los pagos de las ventas remitidas hasta 30 días.

**Oc 30-60 Delay (Day):** representa la demora en días para los pagos de las ventas remitidas de 30 a 60 días.

**Oc 60-90 Credit Sales Out Rate (Day):** representa la demora en días para los pagos de las ventas remitidas de 60 a 90 días.

**Oc >90 Credit Delay (Day):** representa la demora en días para los pagos de las ventas remitidas a más de 90 días.

La representación matemática de las variables se presenta a continuación:

***Oc Account Receivable*** [166]

$$= \int ("Oc\ 30 - 60\ Credit\ Sales\ In\ Rate" + "Oc\ < 30\ Credit\ Sales\ In\ Rate" + "Oc\ 60 - 90\ Credit\ Sales\ In\ Rate" + "Oc\ > 90\ Credit\ Sales\ In\ Rate" - "Oc\ 30 - 60\ Credit\ Sales\ Out\ Rate" - "Oc\ < 30\ Credit\ Sales\ Out\ Rate" - "Oc\ 60 - 90\ Credit\ Sales\ Out\ Rate" - "Oc\ > 90\ Credit\ Sales\ Out\ Rate")dt$$

***Initial value = Oc Inicial Account Receivable*** [167]

***Oc Sales Revenue = OcTotal Demand \* Oc Sale Price*** [168]

$$\begin{aligned} \textbf{Oc Credit Sales} \\ = \text{Oc Sales Revenue} * (1 - \text{Oc Cash Sales Fraction}) \end{aligned} \quad [169]$$

$$\begin{aligned} \textbf{Oc Sales in cash} = \\ \text{Oc Sales Revenue} * \text{Oc Cash Sales Fraction} \end{aligned} \quad [170]$$

$$\begin{aligned} \textbf{Oc} < 30 \text{ Credit Sales In Rate} = \\ \text{Oc Credit Sales} * \text{Oc} < 30 \text{ Credit Sales Fraction} \end{aligned} \quad [171]$$

$$\begin{aligned} \textbf{Oc 30 – 60 Credit Sales In Rate} \\ = \text{Oc Credit Sales} * \text{Oc 30 – 60 Credit Sales Fraction} \end{aligned} \quad [172]$$

$$\begin{aligned} \textbf{Oc 60 – 90 Credit Sales In Rate} \\ = \text{Oc Credit Sales} * \text{Oc 60 – 90 Credit Sales Fraction} \end{aligned} \quad [173]$$

$$\textbf{Oc} > 90 \text{ Credit Sales In Rate} = \text{Oc Credit Sales} * \text{Oc} > 90 \text{ Credit Sales Fraction} \quad [174]$$

$$\begin{aligned} \textbf{Oc} < 30 \text{ Credit Sales Out Rate} = \text{DELAY N}(\text{"Oc} < 30 \text{ Credit Sales In Rate"}, \text{"Oc} \\ < 30 \text{ Delay"}, 0, 6) \end{aligned} \quad [175]$$

$$\begin{aligned} \textbf{Oc 30 – 60 Credit Sales Out Rate} \\ = \text{DELAY N}(\text{"Oc 30 – 60 Credit Sales In Rate"}, \text{"Oc 30} \\ - 60 \text{ Delay"}, 0, 53) \end{aligned} \quad [176]$$

$$\begin{aligned} \textbf{Oc 60 – 90 Credit Sales Out Rate} \\ = \text{DELAY N}(\text{"Oc 60 – 90 Credit Sales In Rate"}, \text{"Oc 60} \\ - 90 \text{ Delay"}, 0, 94.3) \end{aligned} \quad [177]$$

$$\begin{aligned} \textbf{Oc} > 90 \text{ Credit Sales Out Rate} = \\ \text{DELAY N}(\text{"Oc} > 90 \text{ Credit Sales In Rate"}, \text{"Oc} > 90 \text{ Credit Delay"}, 0, 62) \end{aligned} \quad [178]$$

## Capítulo 4. Verificación y Calibración Dinámica.

Lyneis & Pugh (1996) y Oliva (2003) definen la calibración de modelos en Dinámica de Sistemas como el proceso de estimación de los parámetros del modelo para obtener una coincidencia estadística entre el comportamiento observado y el simulado. La confianza en que una estructura particular con valores de parámetros razonables es una representación válida del sistema real, aumenta si la estructura es capaz de generar el comportamiento observado. No obstante es importante aclarar que en este proceso de calibración se presentan limitaciones, tales como:

- La calibración es solo una prueba parcial de la estructura representada a través de ecuaciones y parámetros.
- La calibración valida las ecuaciones del modelo y realiza un ajuste a los parámetros para que exista coincidencia con el comportamiento observado.
- Es posible que el conjunto de valores de los parámetros tengan la capacidad en el modelo de reproducir el comportamiento observado por medio de un conjunto de formulaciones, para así darle a las razones equivocadas un buen comportamiento.

Teniendo en cuenta un enfoque de calibración, el hecho de determinar el valor del conjunto de los parámetros buscando ajustar los comportamientos históricos en el sistema real, es considerado como el objetivo del estudio. Esto se puede hacer por diferentes metodologías que brindan respuestas con diversos grados de complejidad. La evolución de las variables en el modelo dinámico al pasar el tiempo simula de forma natural, o puede pasar que exista una fuerza que ejerza acción sobre las mismas variables. Barlas (1996) y Lyneis & Pugh (1996) describen el proceso de calibración de la siguiente forma: la calibración del modelo se suele hacer a "mano". En el proceso se establecen diferencias entre la producción simulada y los datos, ajusta los parámetros del modelo, y vuelve a simular el modelo.

En el 2003, Oliva planteó dos enfoques que se han adoptado para estimar en forma consistente y simultánea los parámetros para todas las constantes del modelo:

- El primer enfoque es tener la información completa de máxima verosimilitud a través de filtrado optimo (FIMLOF) (Peterson, 1980) basado en estadísticas de ingeniería (Schweppe, 1973)
- La optimización del modelo de referencia (MRO) (Lyneis & Pugh, 1996) basado en algoritmos de optimización no Lineales para búsqueda a través del espacio de parámetros.

Los anteriores enfoques requieren de rigurosos cálculos con base en la información, además una función de error que contenga la totalidad de datos disponibles y por último el acceso a los parámetros que se desean ajustar en el modelo.

Para este proyecto, el tipo de calibración a utilizar será la formulación de un problema de tipo MRO, no obstante estos métodos heurísticos se pueden transferir a los esfuerzos de calibración con FIMLOF. El problema de calibración bajo MRO, basándose en datos longitudinales, se especifica como un problema de optimización para el ajuste de parámetros, buscando minimizar la función de las diferencias entre los datos disponibles y la variable de salida de modelos.

La función objetivo debe especificar el peso relativo para cada serie, debido a los grupos de datos disponibles. Las variables de salida están en función de variables de esta, parámetros y entradas conocidas del modelo. Cabe resaltar que los valores de los parámetros del sistema están limitados a un rango factible.

$$Min = \sum_{i=1}^n w_i \sum_{t=T_0}^{T_f} f(y_{it} - d_{it}),$$

$$sujeto a y_t = c(s_t, p, u_t), \quad ll \leq p \leq ul$$

Donde

$w_i$	Peso de la serie de errores i
$y_{it}$	Variable del modelo i en el tiempo t
$d_{it}$	Data para la variable i en el tiempo t
$s_t$	Variable de estados del modelo
$p$	Parámetros del modelo
$u_t$	Entradas conocidas
$ll$	Límite inferior del rango factible
$ul$	Límite superior del rango factible
$T_0$	Tiempo inicial de simulación
$T_f$	Tiempo final de simulación
$n$	Numero de Variables – pares de datos en función de error

Se puede ver que la restricción en la función C la determinan las ecuaciones del modelo, generalmente de naturaleza no lineal. Para buscar en el espacio de parámetros de manera de minimizar la desviación entre los datos históricos y el

resultado real del modelo, se utilizan algunos algoritmos de optimización que deben ser capaces de buscar en amplios rangos de parámetros mientras que se enfrentan al ruido, las discontinuidades y no linealidad inherente de los modelos dinámicos (Oliva, 2003)

Para llevar a cabo las pruebas se contará con la calibración del modelo correspondiente al eslabón de la cadena de suministro, utilizando el optimizador de calibraciones automáticas del programa Vensim®, el cual integra el algoritmo de optimización polinomial de Powell (1964). En este proceso se operaran las constantes exógenas sensibles a variaciones estableciendo máximos y mínimos de tolerancia y al mismo tiempo se determinará un rango factible de acción en un parámetro específico, permitiendo principalmente la comparación con los datos históricos. Podemos resaltar como beneficio de las técnicas de calibración automática, que por medio de estos se pueden especificar el problema de calibración en un problema de optimización individual, teniendo una función de error que posee los datos, rangos de parámetros disponibles.

A pesar de la gran funcionalidad de las técnicas de AC, éstas se ven enfrentadas a críticas, que se dividen en tres categorías:

- La fuente de los valores de los parámetros estimados
- La trazabilidad de los desajustes y el diagnóstico del modelo.
- La naturaleza del proceso implícita en la prueba.

Teniendo en cuenta estas críticas, es necesario realizar un análisis exhaustivo de los resultados con el fin de evaluar minuciosamente si no se ha incurrido en alguna de las limitaciones criticadas anteriormente. Para esto, se efectúa un paralelo estadístico de la serie simulada con respecto a la real, para convertirse en una variable de estado de control. Existen dos pruebas para la medición de errores, la tradicional que es el  $R^2$  y un indicador más preciso de la naturaleza del ajuste como lo es el estadístico de desigualdad de Theil (Theil, 1966), donde se descompone el error en tres aspectos: Sesgo ( $U_m$ ), Variación desigual ( $U_s$ ) y Covarianza desigual ( $U_c$ ). El Sesgo ( $U_m$ ), representa la diferencia entre las medias de la serie simulada y la real; el objetivo es que alcance un valor lo más cercano a cero. A partir de esto, se realiza esta medición para determinar el nivel de desplazamiento de la media de la serie simulada con base a la serie real histórica.

Se realiza la medición de la variación desigual para determinar el grado en que varía la serie simulada con la serie real presentada en el sistema. Además también se realiza la covarianza desigual que indica el factor de correlación entra las series permitiendo

lograr el objetivo que es alcanzar el mayor nivel de correlación entre las series de observación. El análisis de desigualdad de Theil refrenda el grado de ajuste que posee un modelo específico en razón al sistema real. Sin embargo, para diagnosticar la fuente de error en un problema de calibración, es necesario explorar los residuales de la prueba (Sterman, 1989). Una simple inspección de la gráfica de residuos variando en el tiempo es útil en la detección de los prejuicios, las tendencias y los componentes cíclicos (Oliva, 2003). Es oportuno estudiar el comportamiento del resto de las variables que hace parte del modelo por medio de pruebas extremas que permitan observar si estas alcanzan valores no factibles teniendo en cuenta el sistema real.

Es importante resaltar que la mayor dificultad de utilizar AC es que cuando hay un gran número de parámetros de calibración, se torna complejo detectar los errores de formulación, para que exista una coincidencia con los datos históricos. Homer & Hirsch (2006) articuló por primera vez el argumento para examinar el modelo de forma parcial como una forma de aumentar la confianza en el modelo más allá de su rango histórico de comportamiento, y así mejorar la exactitud de las explicaciones de la conducta observada.

El objetivo principal debe ser particionar el modelo de la manera más fina y detallada posible, centrándose en el análisis subsecuente y la obtención de estimadores que fueran eficientes de los parámetros subyacentes, de los cuales rige el comportamiento del modelo. La calibración del modelo está definida por un problema de optimización particionado por un eslabón con parámetros específicos. Es decir, por cada eslabón integrante de la cadena se utilizó un tipo de calibración independiente y se establecieron variables de control, parámetros y rangos para cada eslabón, como estrategia para disminuir el factor de error y así evitar que la estructura se vea forzada a ajustar los datos. Se realizaron calibraciones parciales por instancias del modelo siguiendo el desarrollo realizado por diversos autores entre ellos Oliva (2004) y Towill, Naim, & Wikner (1992) donde se plantean procedimientos de calibración de instancias particionadas de modelos y se especifica el problema en pequeños problemas de calibración.

Para realizar este procedimiento se siguieron todos los lineamientos presentados anteriormente para cada uno de los eslabones de la cadena de suministro, donde se establecieron variables de control y rangos de acción factibles para cada una de las constantes involucradas en la modelación realizada.

## 4.1 Pruebas extremas

Las pruebas extremas son simulaciones de escenarios de alto impacto pero de baja probabilidad de ocurrencia en el sistema, cuyos efectos en los sistemas reales son fácilmente predecibles. Con el fin de aumentar la credibilidad y la confianza, el modelo debe ser capaz de responder adecuadamente y coherentemente a la prueba expuesta.

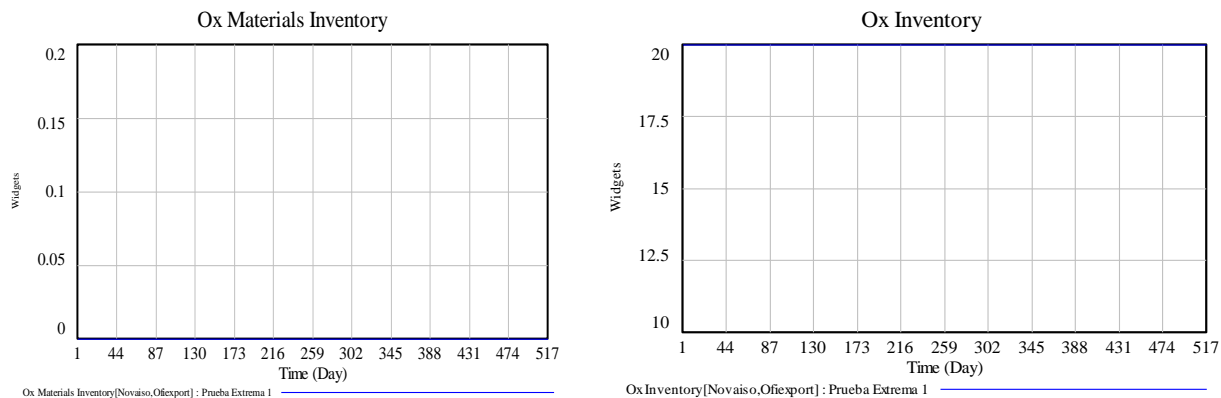
Las pruebas propuestas se aplicarán a la empresa distribuidora y se implementarán para las sillas novaiso debido a su relevancia en la cadena de suministro.

### 4.1.1 Prueba extrema 1

Modificación de data de variables:

Ox Customer Order Rate= 0 Units/day

El objetivo de esta prueba es verificar qué sucedería si la empresa distribuidora dejase de vender las sillas al comienzo de la simulación; para ello, se describe el comportamiento de las variables de inventario para las empresas.



El comportamiento del modelo es el adecuado dado que el inventario de materiales de la compañía sería cero puesto que no tiene pedidos que hacer ya que no se le está generando ningún tipo de demanda. El inventario final permanece constante en el tiempo el cual es igual al inventario inicial de la simulación.

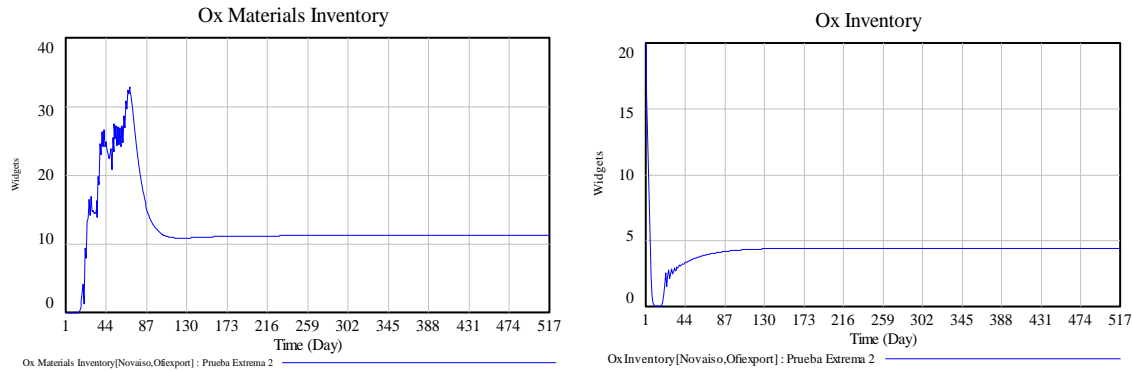
### 4.1.2 Prueba extrema 2

Modificación de data de variables:

Ox Customer Order Rate= 2,957 Units/day

En esta prueba se examinará el comportamiento de los inventarios si la demanda es constante durante toda la simulación





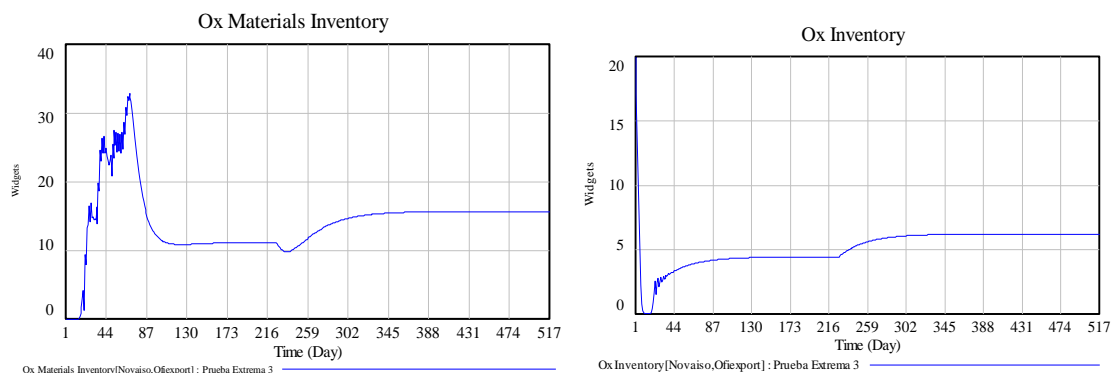
El comportamiento del inventario de materia prima fluctúa de manera ascendente en los primeros 60 días, mientras el sistema entra en equilibrio y la variable se estabiliza a partir de los primeros 100 días de simulación, por otro lado el inventario final de la compañía cae drásticamente a cero en los primeros días y luego de unos días de varianza se estabiliza en un inventario de 4 unidades diarias.

#### 4.1.3 Prueba extrema 3

Modificación de data de variables:

Ox Customer Order Rate= 2,957 + Step 1,183 Units/day

En esta prueba se desea verificar el comportamiento del inventario ante una demanda constante la cual en el día 225 de simulación sufre un salto del 40% de la demanda de la compañía.



El comportamiento de las variables es bastante similar al caso anterior difiriendo en que el periodo en el cual ocurre el salto, el sistema reacciona y durante varios días aumenta la cantidad de inventario para luego estabilizarse

## **4.2 Calibración dinámica del modelo de flujo de caja, empresa distribuidora y manufacturera**

La calibración suele ser un proceso que conlleva mucho esfuerzo por parte de los modeladores. En esta etapa usualmente se deben realizar cambios al modelo en un proceso iterativo y generalmente largo que requiere de toda la capacidad del modelador. El presente caso no es una excepción y ha generado cambios importantes en el modelo a medida en que se realiza la calibración, la mayor parte del tiempo del desarrollo del proyecto ha sido empleada en este proceso.

La metodología empleada para este efecto consistió en escoger primeramente las variables a calibrar:

- Cuentas por pagar.
- Cuentas por cobrar.

Cabe aclarar que no se tuvo en cuenta la variable de inventario dado que no se contó con datos históricos confiables de dicha variable.

Se espera que calibrando estas dos variables se generen un flujo de caja adecuado y confiable. Para este proceso se empleó la función de calibración del Software Vensim, el cual contiene un algoritmo de optimización voraz, capaz de ajustar de manera muy cercana los resultados generados por el modelo con los datos reales.

El proceso inició dejando libres o permitiendo variar todas las variables asociadas a cada sección del modelo que implican a la variable a calibrar y a medida en que se observaban que ciertas variables no fluctuaban se dejaron fijas y solo se realizó el procedimiento con las que si lo hacían. En las siguientes secciones se muestran los resultados de la calibración de los modelos de flujo de caja

### **4.2.1 Resultados de la calibración del modelo de flujo de caja de la empresa distribuidora.**

- **Resultados de la calibración cuentas por pagar Novaiso**

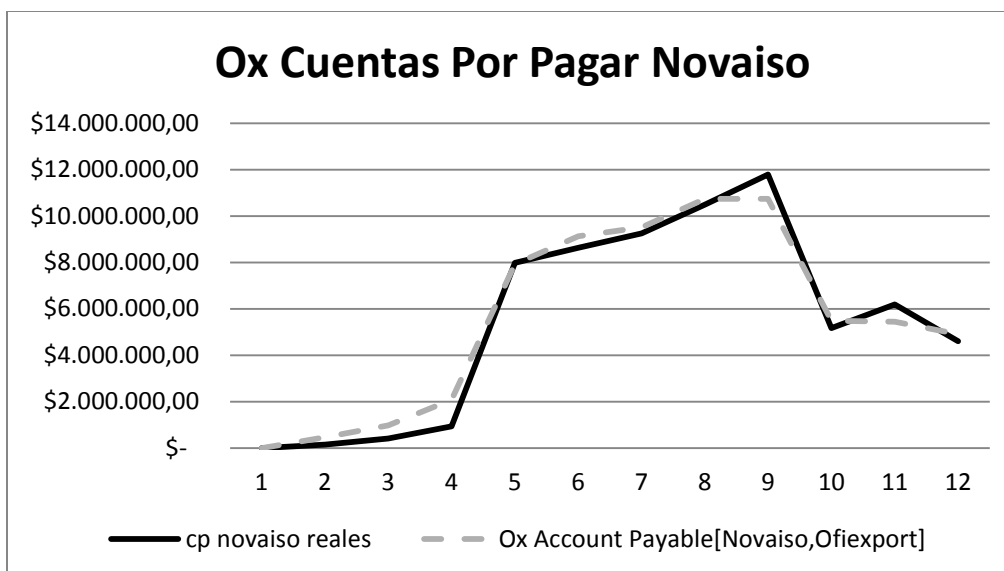
A continuación se presentan los resultados obtenidos de la calibración de las cuentas por pagar para la silla Novaiso, los que aquí se presentan son las variables que intervienen en la variable a calibrar. En la columna Min aparece el mínimo que puede tomar la variable, en Max el máximo y en Real el valor que

fue suministrado por la empresa y que fue corroborado por medio del análisis de los datos financieros suministrados. La columna Calibrado contiene los valores de las variables calibradas con un intervalo de confianza del 95%.

**Tabla 3. Resumen calibración Cuentas por pagar, Novaiso**

<b><i>Cuentas por pagar Novaiso</i></b>	<b><i>Min</i></b>	<b><i>Real</i></b>	<b><i>Max</i></b>	<b><i>Calibrado</i></b>
Ox Raw Material Price[Products, Ofiexport]	\$ 40.000	\$ 42.316	\$ 80.000	\$ 49.311,00
Ox 120 150 Fraction[Products, Ofiexport]	0,3	0,3	0,3	
Ox 150 180 Fraction[Products, Ofiexport]	0,058	0,08	0,08	
Ox <90 Fraction[Products, Ofiexport]	0,31	0,31	0,31	
Ox 180 240 Fraction[Products, Ofiexport]	0,31	0,31	0,31	
Ox 240> Fraction[Products, Ofiexport]	0	0	0	
Ox Pay Delay 150 180[Products, Ofiexport]		135		159,081
Ox Pay Delay 120 150[Products, Ofiexport]		105		92,3612
Ox Pay Delay <90[Products, Ofiexport]		45		237,431
Ox Pay Delay >240[Products, Ofiexport]		210		223,855
Ox Pay Delay 180 240[Products, Ofiexport]		165		158,252
Ox Inicial Account Payable[Products, Ofiexport]	\$ -	\$ -	\$ 15.000.000	\$ -

El anterior grafico ilustra de buena forma el comportamiento que tienen las cuentas por pagar en la realidad y el comportamiento que arroja el modelo, es evidente el buen ajuste con que se cuenta, las diferencias pueden deberse a irregularidades o valores atípicos encontrados.



**Figura 49. Comportamiento cuentas por pagar Novaiso**

**Tabla 4. Resumen estadísticos de Theil Cuentas por pagar, Novaiso**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,78
Sesgo	0,0012
Variación Desigual	0,052
Covariación Desigual	0,94

Los estadísticos de desigualdad de Theil permiten analizar de manera más profunda el grado de ajuste que tiene el modelo con respecto a la realidad, el estadístico de R cuadrado muestra de manera general el grado de ajuste que tienen los datos del modelo con respecto a los resultados del modelo, podría decirse que estos se ajustan en un 78% lo cual es bastante bueno para un modelo dinámico, la variación desigual hace las veces de desviación estándar, es importante que este valor sea bajo, el sesgo es una medida de qué tan alejado se encuentran los datos como conjunto de los reales y una manera de entenderlo es pensar que los datos reales hacen parte de una distribución y los obtenidos de una distribución cualquiera, el sesgo mediría el grado de corrimiento que existe entre la distribución real y la modelada, este valor debería ser muy cercano a cero, por otro lado la covarianza desigual debería ser muy cercana a uno.

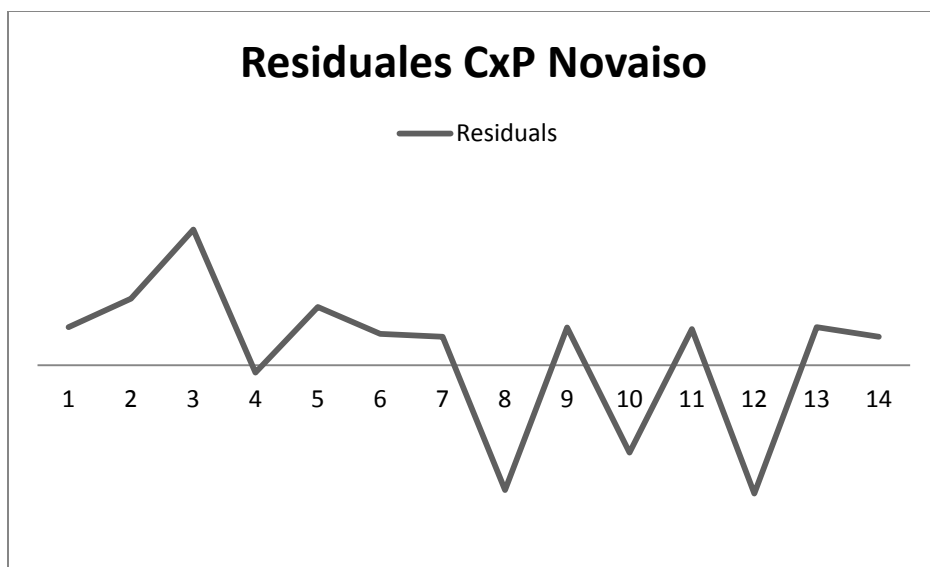


Figura 50. Residuales Cuentas por pagar, Novaiso

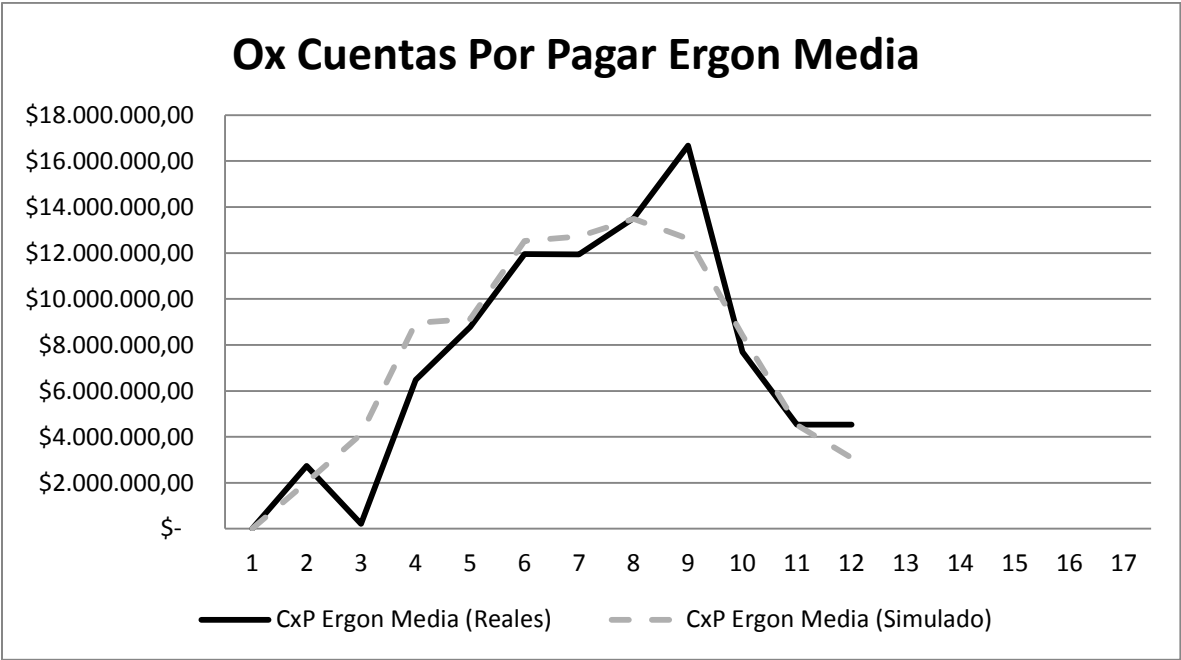
El grafico de residuales permite observar el comportamiento que tienen los residuos en el tiempo, es deseable no observar patrones de tendencia.

#### • Resultados de la Calibración cuentas por pagar Ergon Media

Tabla 5. Resumen calibración cuentas por pagar, Ergon Media

<b><i>Cuentas por pagar Ergon Media</i></b>	<b><i>Min</i></b>	<b><i>Real</i></b>	<b><i>Max</i></b>	<b><i>Calibrado</i></b>
Ox Raw Material Price[Products,Ofiexport]	\$ 80.000	\$ 104.536	\$ 150.000	\$ 81.155,30
Ox 120 150 Fraction[Products,Ofiexport]	0,3	0,3	0,3	
Ox 150 180 Fraction[Products, Ofiexport]	0,058	0,08	0,08	
Ox <90 Fraction[Products,Ofiexport]	0,31	0,31	0,31	
Ox 180 240 Fraction[Products,Ofiexport]	0,31	0,31	0,31	
Ox 240> Fraction[Products,Ofiexport]	0	0	0	
Ox Pay Delay 150 180[Products,Ofiexport]	0	135		128,052
Ox Pay Delay 120 150[Products,Ofiexport]	0	105		50,0138
Ox Pay Delay <90[Products,Ofiexport]	0	45		60,4647
Ox Pay Delay >240[Products,Ofiexport]	0	210		185,007
Ox Pay Delay 180 240[Products, Ofiexport]	0	165		163,007
Ox Inicial Account Payable[Products,Ofiexport]	\$ -	\$ -		\$ -

El comportamiento observado correspondiente a los valores modelados es bueno, sin embargo en algunos segmentos el modelo no logra captar algunos picos. Esto puede deberse a eventos ajenos que se desconocen y que ocurrieron en la empresa, sin embargo lo importante a destacar es que el modelo genera subidas y bajadas cuando debe hacerlo en gran medida.



**Figura 51. Comportamiento cuentas por pagar Ergon Media**

Los estadísticos presentados muestran un buen ajuste, en general todos presentan una buena medida de ajuste, por lo que puede decirse que el modelo sirve para representar la realidad de la empresa, de forma numérica, podría decirse que el modelo sigue la realidad en un 87%

**Tabla 6. Resumen estadísticos cuentas por pagar, Ergon Media**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,87
Sesgo	0,0012
Variación Desigual	0,093
Covariación Desigual	0,89

Los residuales muestran fluctuaciones por encima y por debajo del valor cero, lo que genera tranquilidad y es una medida más que permite corroborar el buen ajuste del modelo

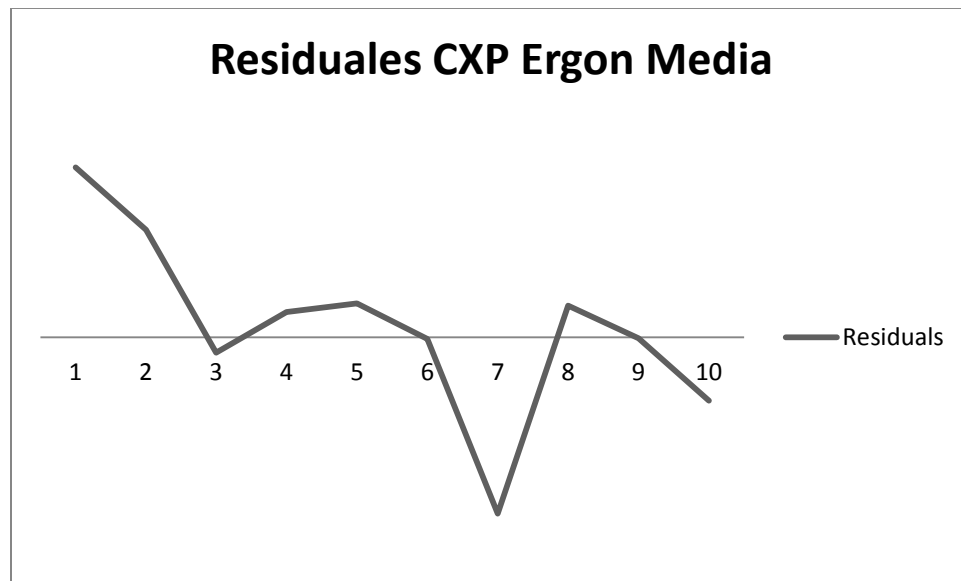


Figura 52. Residuales cuentas por pagar Ergon Media

- **Resultados de la Calibración cuentas por pagar Isósceles**

Tabla 7. Resumen estadísticos cuentas por pagar, Ergon Media

<b><i>Cuentas por pagar Isósceles</i></b>	<b><i>Min</i></b>	<b><i>Real</i></b>	<b><i>Max</i></b>	<b><i>Calibrado</i></b>
Ox Raw Material Price[Products,Ofiexport]	\$ 45.000	\$ 53.806	\$ 70.000	\$ 62.989,00
Ox 120 150 Fraction[Products,Ofiexport]	0,3	0,3	0,3	
Ox 150 180 Fraction[Products,Ofiexport]	0,058	0,08	0,08	
Ox <90 Fraction[Products,Ofiexport]	0,31	0,31	0,31	
Ox 180 240 Fraction[Products,Ofiexport]	0,31	0,31	0,31	
Ox 240> Fraction[Products,Ofiexport]	0	0	0	
Ox Pay Delay 150 180[Products,Ofiexport]	0	135		10,3644
Ox Pay Delay 120 150[Products,Ofiexport]	0	105		217,081
Ox Pay Delay <90[Products,Ofiexport]	0	45		1,9911
Ox Pay Delay >240[Products,Ofiexport]	0	210		38,0075
Ox Pay Delay 180 240[Products,Ofiexport]	0	165		20,9462
Ox Inicial Account Payable[Products,Ofiexport]	\$ -	\$ -		\$ 130.745,00

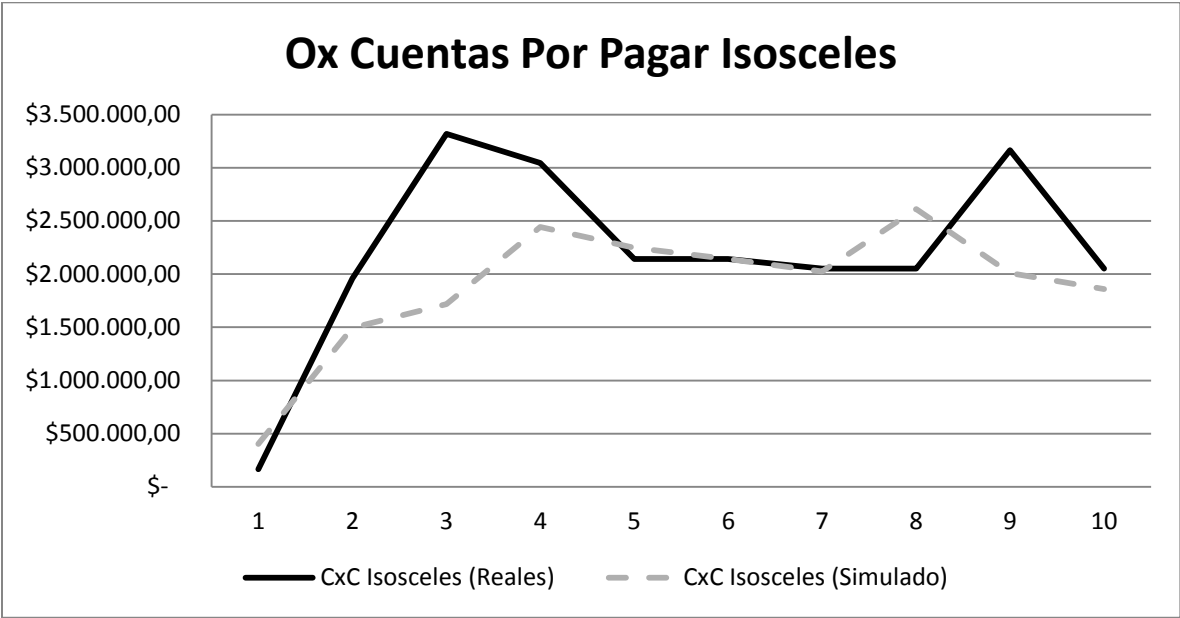


Figura 53. Comportamiento cuentas por pagar, Isósceles

De todos los resultados presentados, este es el que peor se ajusta, una posible explicación a este fenómeno es que este producto tiene una menor rotación muy considerable que la anterior, y la demanda y las políticas generales establecidas tal vez no expliquen de buena manera el comportamiento. Sin embargo, el modelo sube y baja cuándo debe hacerlo, aun cuando existe un atraso visible.

Tabla 8. Resumen estadísticos cuentas por pagar, Isósceles

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,91
Sesgo	0,0000048
Variación Desigual	0,021
Covariación Desigual	0,98

Los resultados estadísticos son realmente buenos, ya que el ajuste es de un 91%, se tiene una variación total baja y una covarianza considerablemente alta.



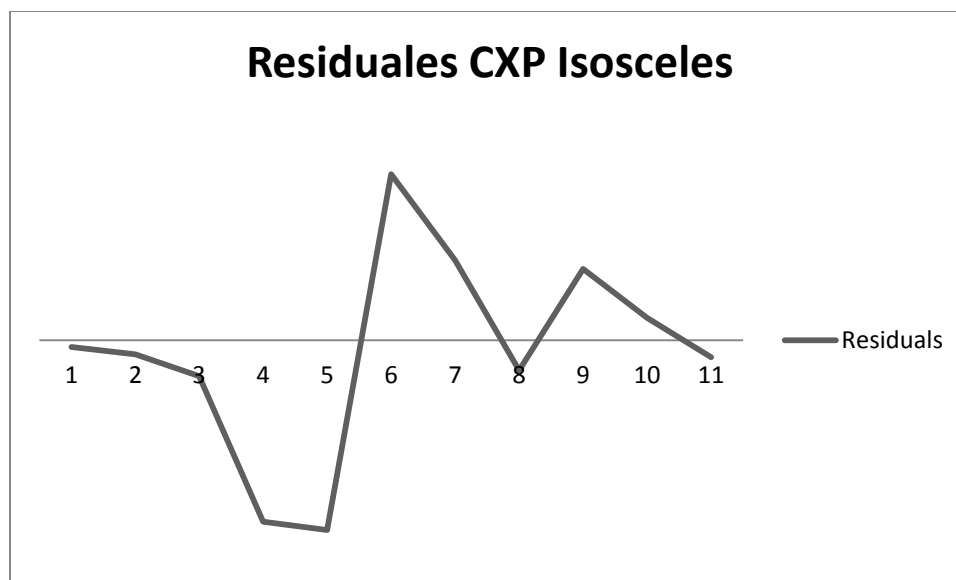
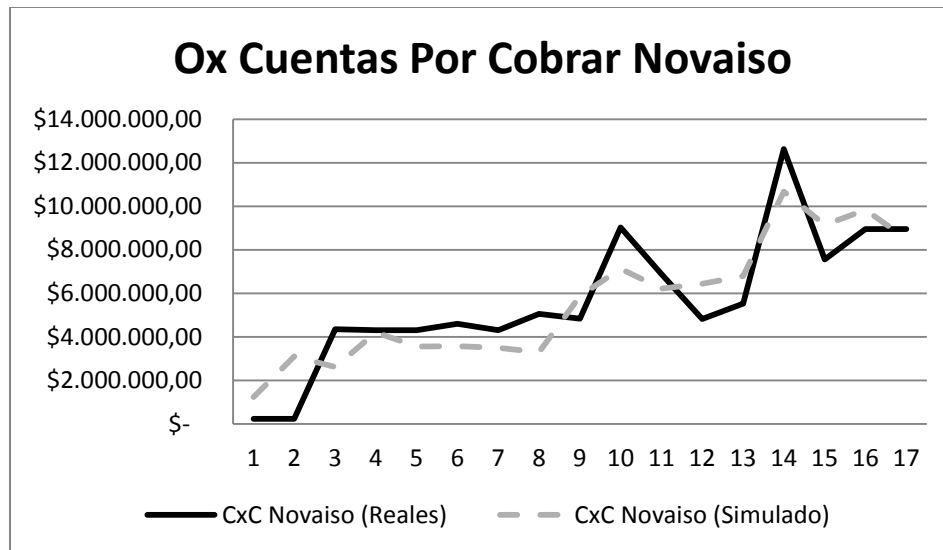


Figura 54. Residuales cuentas por pagar Isósceles

- Resultados de la Calibración cuentas por cobrar Novaiso

Tabla 9. Resumen calibración cuentas por cobrar, Novaiso

<b>Cuentas por Cobrar Novaiso</b>	<b>Min</b>	<b>Real</b>	<b>Max</b>	<b>Calibrado</b>
Ox Sale Price[Products,Ofiexport]	\$ 50.000,00	\$ 74.229,00	\$ 150.000,00	133380
Ox Cash Sales Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,59	1	0,6
Ox Credits Short Term Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,6285	1	0,615771
Ox Long Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0	0,307	1	0,307
Ox Short Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0	0,727	1	0,727
Ox Short Term Advance Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,416	1	0,416
Ox Long Term Advance Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,505	1	0,77
Ox Inicial Account Receivable[Products,Ofiexport]	\$ -	\$ 0,31	\$ 5.000.000,00	0,31
Ox Long Term Delay[Products,Ofiexport]		67		85,1626
Ox Short Term Delay[Products,Ofiexport]		10,4		3,75



**Figura 55. Comportamiento cuentas por cobrar, Novaiso**

El comportamiento observado, aunque no muy fiel, sí logra captar el esquema general de los datos reales: por ejemplo, los picos que toman los datos, el modelo no logra simularlos fielmente, pero mantiene la forma de gran manera

**Tabla 10. Resumen estadísticos cuentas por cobrar, Novaiso**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,78
Sesgo	0,0012
Variación Desigual	0,052
Covariación Desigual	0,94

Como se puede observar los estadísticos revelan que el modelo logra asemejarse de buena manera a los datos reales, el R cuadrado es considerablemente alto y la variación desigual es relativamente baja, lo que induce a la idea de que se ha logrado modelar de gran manera el sistema.

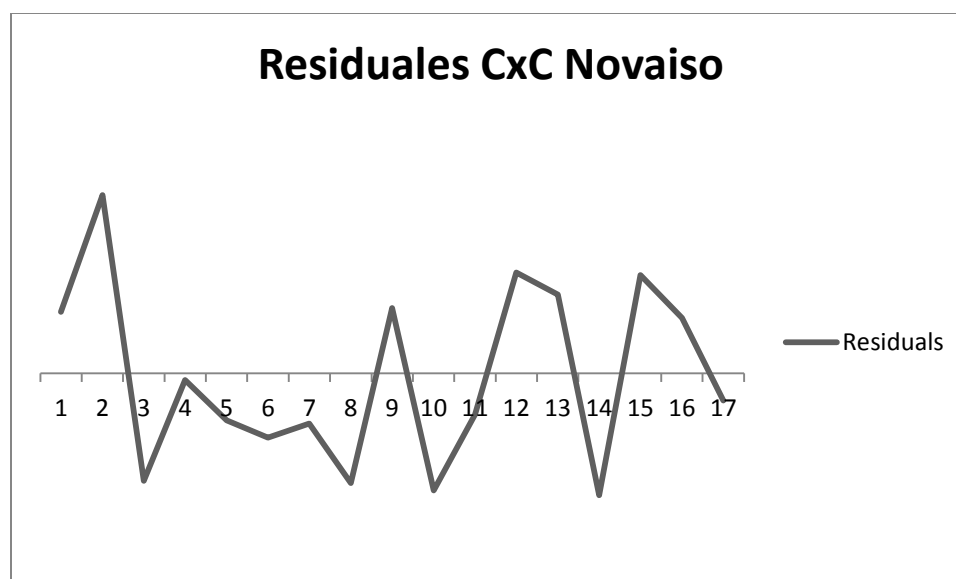
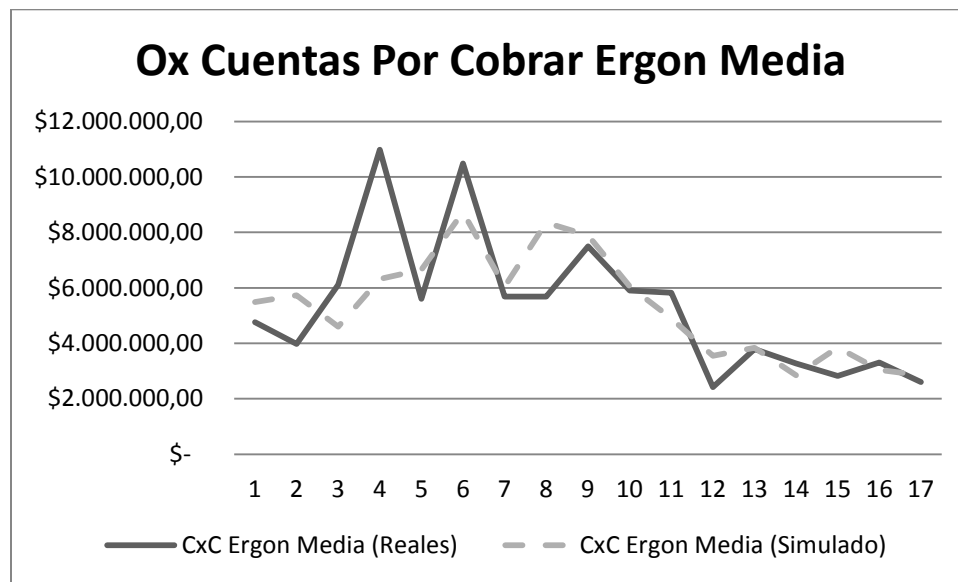


Figura 56. Residuales cuentas por cobrar, Novaiso

- **Resultados de la Calibración cuentas por cobrar Ergon Media**

Tabla 11. Resumen calibración cuentas por cobrar, Ergon Media

<b><i>Cuentas por Cobrar Ergon Media</i></b>	<b><i>Min</i></b>	<b><i>Real</i></b>	<b><i>Max</i></b>	<b><i>Calibrado</i></b>
Ox Sale Price[Products,Ofiexport]	\$ 140.000,00	\$ 188.087,00	\$ 220.000,00	\$ 219.887,00
Ox Cash Sales Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,6	1	0,518312
Ox Credits Short Term Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,636363	1	0.198142
Ox Long Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0	0,41666	1	0.0452391
Ox Short Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0	0,428	1	0.0071228
Ox Short Term Advance Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,325	1	0.261896
Ox Long Term Advance Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,133	1	0.677273
Ox Inicial Account Receivable[Products,Ofiexport]		2413800		2407530
Ox Long Term Delay[Products,Ofiexport]		66,1		36,6516
Ox Short Term Delay[Products,Ofiexport]		9,66		61,3977



**Figura 57. Comportamiento cuentas por cobrar, Ergon Media**

Los resultados para esta ocasión no son los mejores, ya que algunas crestas y valles no son suficientemente captados por el modelo, sin embargo el esquema general sí es representado de buena manera, los resultados del final de la serie son mucho mejores que al principio, razón para pensar que algo ocurrió en el sistema por ese tiempo, a pesar de esto el modelo logra representar de buena forma la realidad.

**Tabla 12. Resumen estadísticos cuentas por cobrar, Ergon Media**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,57
Sesgo	0,0000057
Variación Desigual	0,13
Covariación Desigual	0,86

Los resultados que muestran los estadísticos de Theil no son tan buenos como otros vistos en la calibración, sin embargo no puede decirse que el modelo no sea representativo del sistema

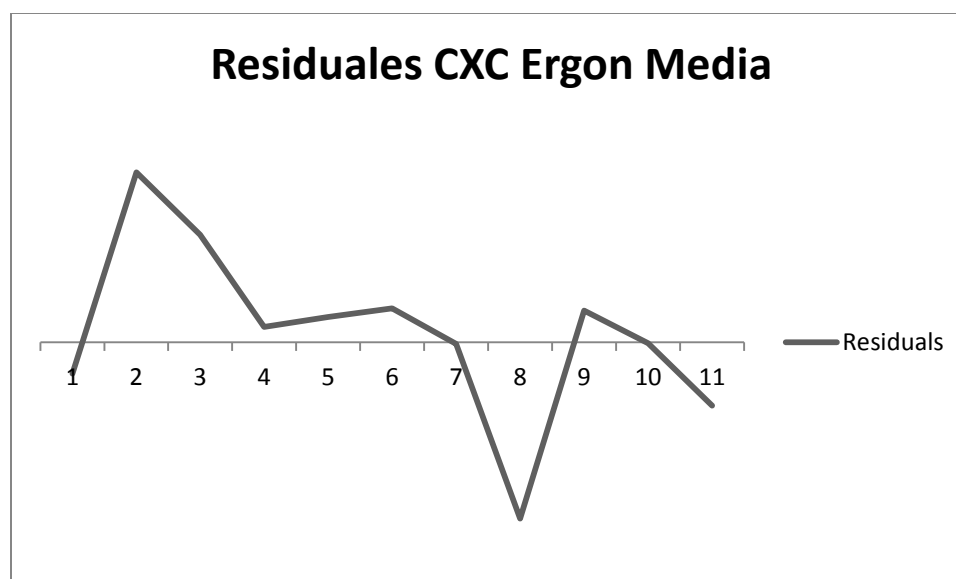
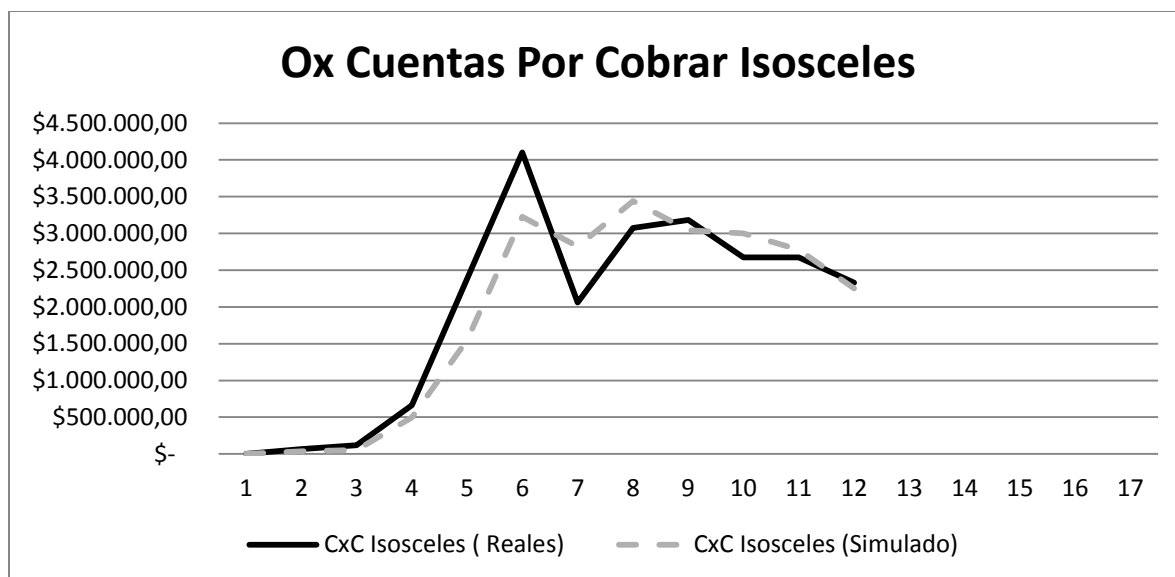


Figura 58. Residuales cuentas por cobrar, Ergon Media

- **Resultados de la Calibración cuentas por cobrar Isósceles**

Tabla 13. Resumen calibración cuentas por cobrar, Isósceles

<b>Cuentas por Cobrar Isósceles</b>	<b>Min</b>	<b>Real</b>	<b>Max</b>	<b>Calibrado</b>
Ox Sale Price[Products,Ofiexport]	\$ 140.000,00	\$ 135.858,00	\$ 220.000,00	\$ 135.858,00
Ox Cash Sales Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,3023	1	0,3023
Ox Credits Short Term Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,733	1	0,498848
Ox Long Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0	0,25	1	0,25
Ox Short Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0	0,5	1	0,5
Ox Short Term Advance Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,54	1	0,54
Ox Long Term Advance Fraction[Products,Ofiexport]	0	0,67	1	0,67
Ox Inicial Account Receivable[Products,Ofiexport]		164159		164159
Ox Long Term Delay[Products,Ofiexport]		94,375		71
Ox Short Term Delay[Products,Ofiexport]		5,3636		6,20138



**Figura 59. Comportamiento cuentas por cobrar, Isósceles**

El sistema aparentemente logra seguir el comportamiento de la realidad aunque tiene un poco de atraso, sin embargo el comportamiento macro del sistema es bien representado; el sistema simula valles y crestas de buena forma.

**Tabla 14. Resumen estadísticos cuentas por cobrar, Isósceles**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,46
Sesgo	0,2
Variación Desigual	0,13
Covariación Desigual	0,66

Los resultados esta vez no son tan buenos como los esperados, pues de forma gráfica otras calibraciones tienen comportamientos no tan buenos como este, sin embargo el sistema en general logra seguir el comportamiento esperado.

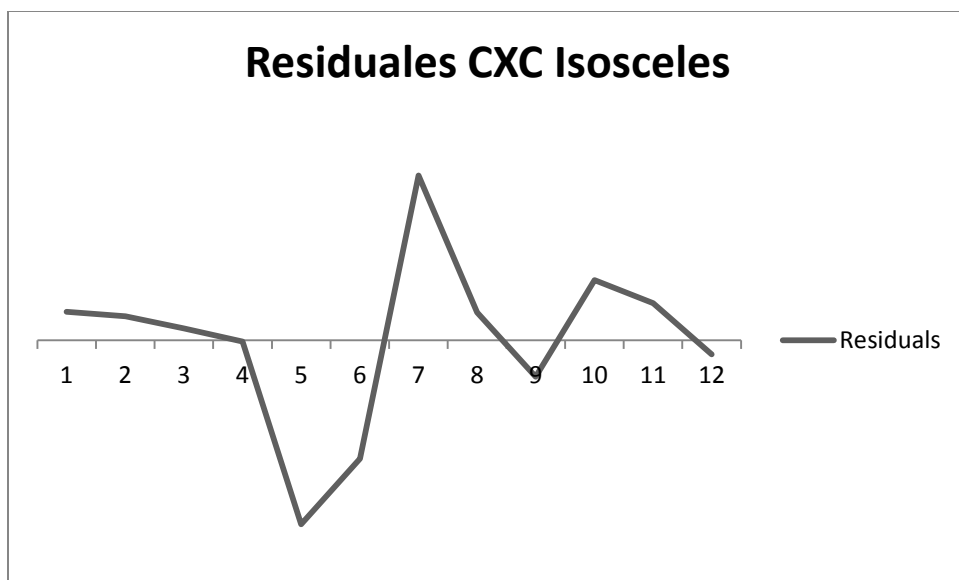


Figura 60. Residuales cuentas por cobrar, Isósceles

Los resultados generales de las distintas calibraciones son prometedores, y no hay razón para decir que el modelo no logra simular la realidad, ya que este capta de forma general las distintas series de datos calibradas. A partir de este modelo se pueden hacer pruebas para generar políticas de mejoras para el flujo de caja, tal como se pretende como objetivo máximo del proyecto.

#### 4.2.2 Resultados de la calibración del modelo de flujo de caja de la empresa manufacturera.

- **Resultados de la calibración cuentas por pagar referencia Novaiso**

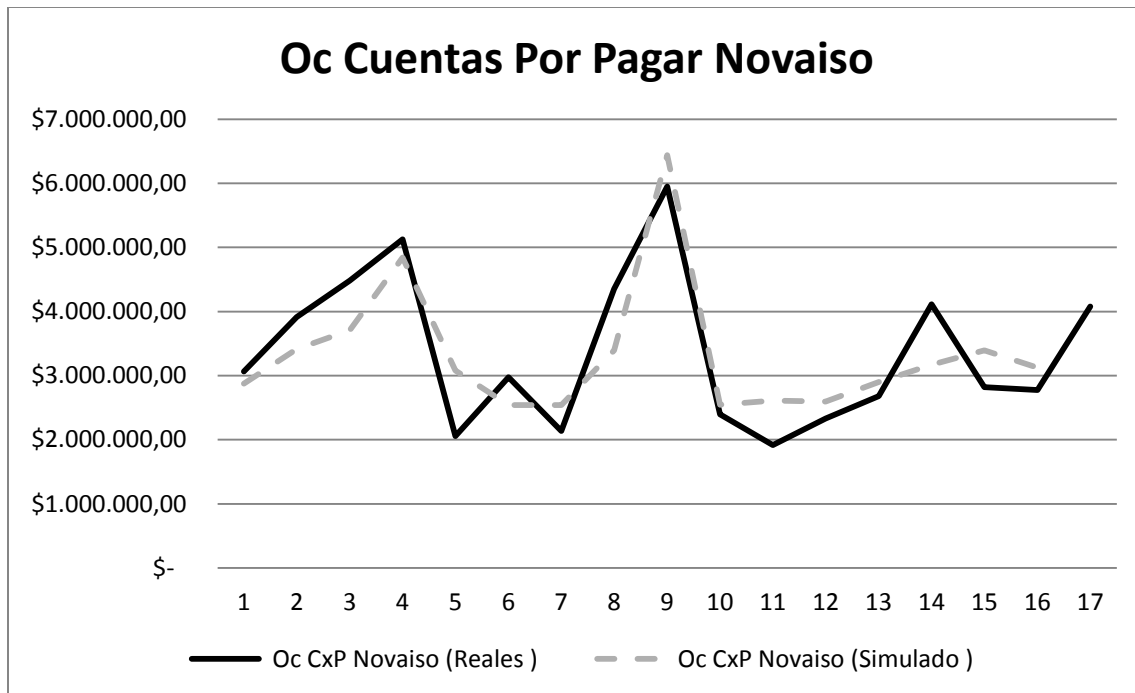
En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la calibración de las cuentas por pagar de la silla Novaiso para la empresa manufacturera, lo que aquí se presenta son las variables que intervienen en la variable a calibrar. En la columna Min aparece el mínimo que puede tomar la variable, en Max el máximo y en Real el valor que fue suministrado por la empresa y que fue corroborado por medio del análisis de los datos financieros suministrados. La columna Calibrado contiene los valores de las variables calibradas con un intervalo de confianza del 95%.

**Tabla 15. Resumen calibración Cuentas por pagar, Novaiso**

<i>Cuentas por pagar-Novaiso</i>	<i>Min</i>	<i>Real</i>	<i>Max</i>	<i>Calibrado</i>
Oc Purchase Price[Novaiso,Ofiexport]	\$ 22.000,00	\$ 29.704,00		\$ 22.080,70
Oc Purchase Price[Novaiso,Other]	\$ 22.000,00	\$ 29.704,00		\$ 27.417,60
Oc Credit[Novaiso,Ofiexport]	0	0,02	1	0,0322593
Oc Credit[Novaiso,Other]	0	0,02	1	0,02
Oc Products Required Delay[Novaiso,Ofiexport]		1		0,531698
Oc Products Required Delay[Novaiso,Other]		1		1,79896

El siguiente grafico ilustra el comportamiento que tienen las cuentas por pagar en la realidad en una línea negra y el comportamiento que arroja el modelo en una línea punteada color gris, es evidente el buen ajuste con que se cuenta, las diferencias pueden deberse a irregularidades o valor atípicos encontrados.





**Figura 61. Comportamiento cuentas por pagar Novaiso**

**Tabla 16. Resumen estadísticos de Theil Cuentas por pagar, Novaiso**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,751376
Sesgo	0,0015
Variación Desigual	0,08369
Covariación Desigual	0,916156

Los estadísticos de desigualdad de Theil permiten analizar de manera más profunda el grado de ajuste que tiene el modelo con respecto a la realidad, el estadístico de R cuadrado muestra de manera general el grado de ajuste que tiene la información real con respecto a los resultados del modelo, podría decirse que estos se ajustan en un 75.13% lo cual es bastante bueno para un modelo dinámico, la variación desigual hace las veces de desviación estándar, es importante que este valor sea bajo; el sesgo es una medida de que tan alejado se encuentran los puntos de los datos reales de los simulados y una manera de entenderlo es pensar que los datos reales hacen parte de una distribución y los obtenidos de una distribución cualquiera, el sesgo mediría el grado de corrimiento que existe entre la distribución real y la modelada, este valor debería ser muy cercano a cero, por otro lado la covarianza desigual debería ser muy cercana a uno.



Figura 62. Residuales Cuentas por pagar, Novaiso

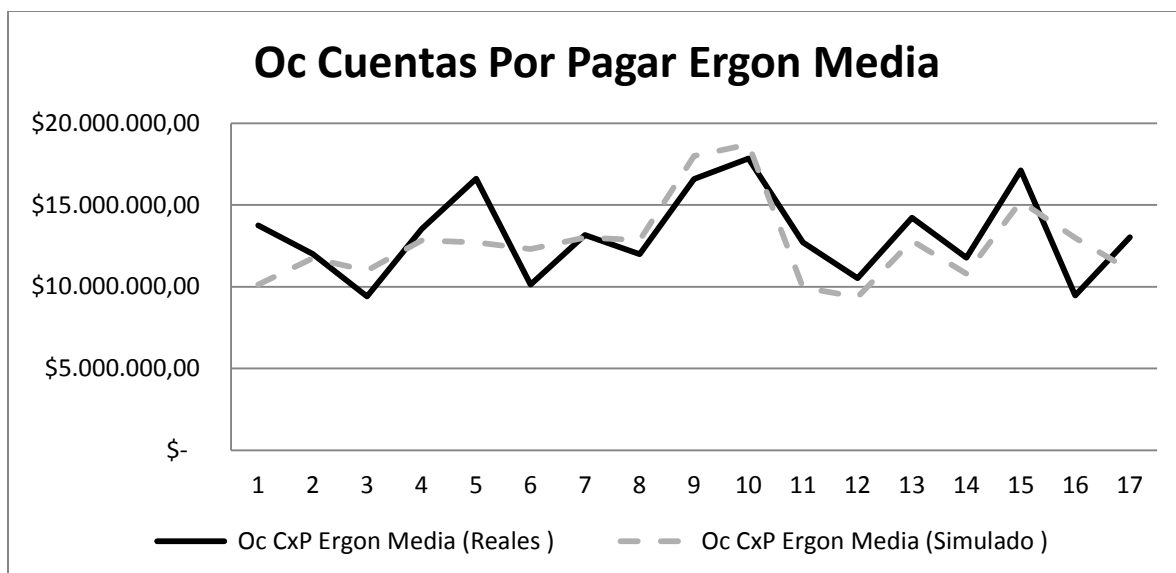
El grafico de residuales permite observar el comportamiento que tienen los residuos en el tiempo, es deseable no observar patrones de tendencia.

- **Resultados de la Calibración cuentas por pagar Ergon Media**

Tabla 17. Resumen calibración cuentas por pagar, Ergon Media

<i>OCCPergon</i>	<i>Min</i>	<i>Real</i>	<i>Max</i>	<i>Calibrado</i>
Oc Purchase Price[Ergon Media, Ofiexport]	\$ 50000	\$ 74.000,00	\$ 80.000,00	\$ 72.213,10
Oc Purchase Price[Ergon Media, Other]	\$ 50000	\$ 74.000,00	\$ 80.000,00	\$ 75.402,00
Oc Credit[Ergon Media, Ofiexport]	0	0,36	1	0,450266
Oc Credit[Ergon Media, Other]	0	0,36	1	0,34832
Oc Products Required Delay[Ergon Media, Ofiexport]	1	1	7	3,12604
Oc Products Required Delay[Ergon Media,Other]	1	1	7	7

EL comportamiento observado correspondiente a los valores modelados son buenos con excepción al cuarto periodo donde se presenta un valor atípico dentro de la información suministrada, sin embargo lo importante a destacar es que el modelo capta las subidas y bajadas de la data real.



**Figura 63. Comportamiento cuentas por pagar Ergon Media**

Los estadísticos presentados muestran un buen ajuste, excepto el R cuadrado el cual se justifica en el pico del periodo 4 donde se presenta un valor atípico y el modelo no alcanza a reconocerlo, sin embargo, se observa que los otros estadísticos presentan un muy buen ajuste y es porque el modelo adopta el comportamiento real.

**Tabla 18. Resumen estadísticos cuentas por pagar, Ergon Media**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,479625
Sesgo	0,059102
Variación Desigual	0,000836
Covariación Desigual	0,940060

Los residuales muestran fluctuaciones por encima y por debajo del valor cero, lo que genera tranquilidad y es una medida más que permite corroborar el buen ajuste del modelo.

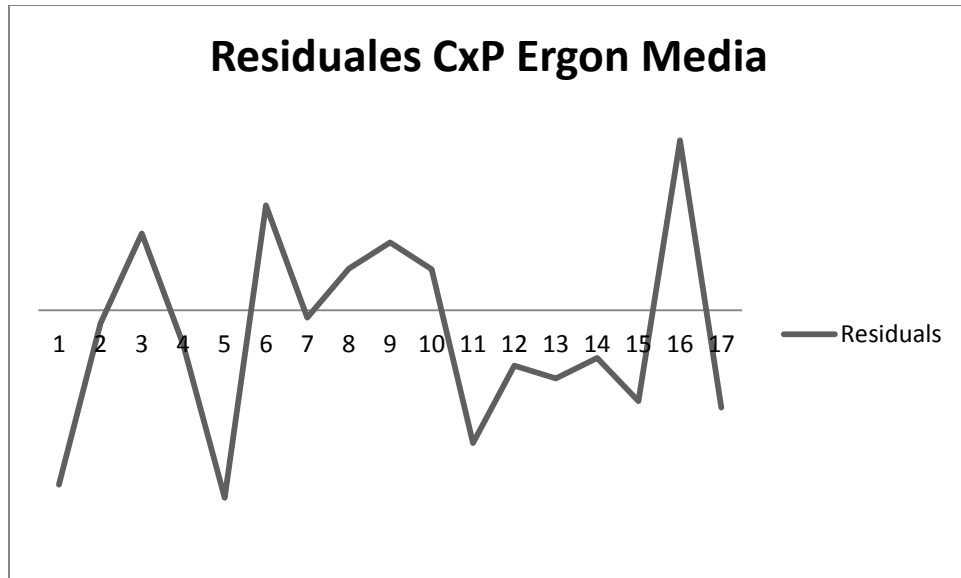


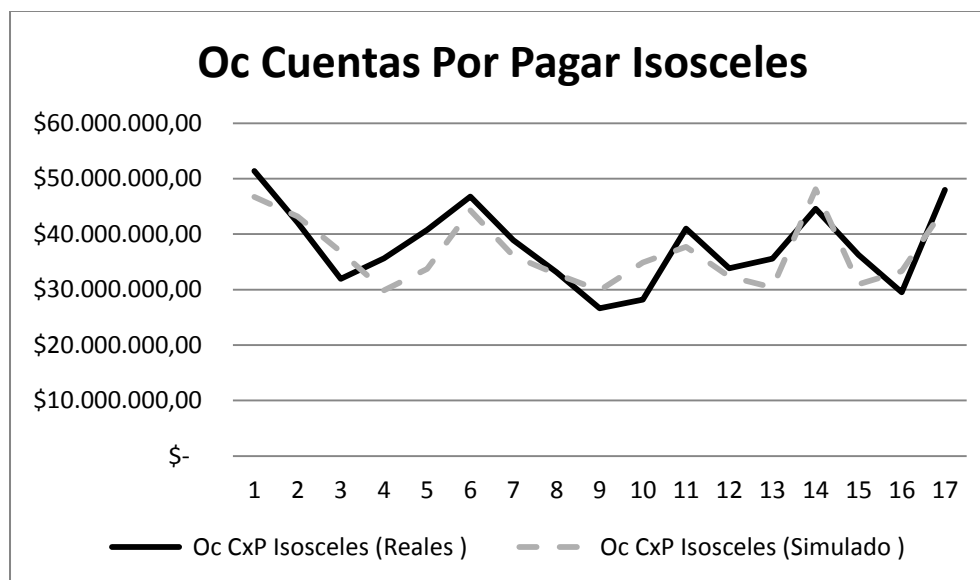
Figura 64. Residuales cuentas por pagar Ergon Media

- **Resultados de la Calibración cuentas por pagar Isósceles**

Tabla 19. Resumen calibración cuentas por pagar Isósceles

<i>OCCPisos</i>	<i>Min</i>	<i>Real</i>	<i>Max</i>	<i>Calibrado</i>
Oc Purchase Price[Isosceles, Ofiexport]	\$ 30.000,00	\$ 36.031,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00
Oc Purchase Price[Isosceles, Other]	\$ 30.000,00	\$ 36.031,00	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00
Oc Credit[Isosceles,Ofiexport]	0	0,8	1	1
Oc Credit[Isosceles,Other]	0	0,8	1	1
Oc Products Required Delay[Isosceles, Ofiexport]	0	1	7	3,06519
Oc Products Required Delay[Isosceles, Other]	0	1	7	6,52353

La grafica mostrada a continuación representa el comportamiento de los datos reales vs los simulados de las cuentas por pagar para la referencia Isósceles. Al igual que con las otras referencias esta presenta un comportamiento muy similar al real, se observa que el modelo se adapta bien a los altos y bajos de las cuentas por pagar.



**Figura 65. Comportamiento cuentas por pagar, Isósceles**

**Tabla 20. Resumen estadísticos cuentas por pagar, Isósceles**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,656688
Sesgo	0,0652359
Variación Desigual	0,0462536
Covariación Desigual	0,8885104

Los resultados estadísticos son realmente buenos, ya que el ajuste es de un 77% se tiene una variación desigual baja, una covarianza considerablemente alta y un sesgo muy cercano a cero.

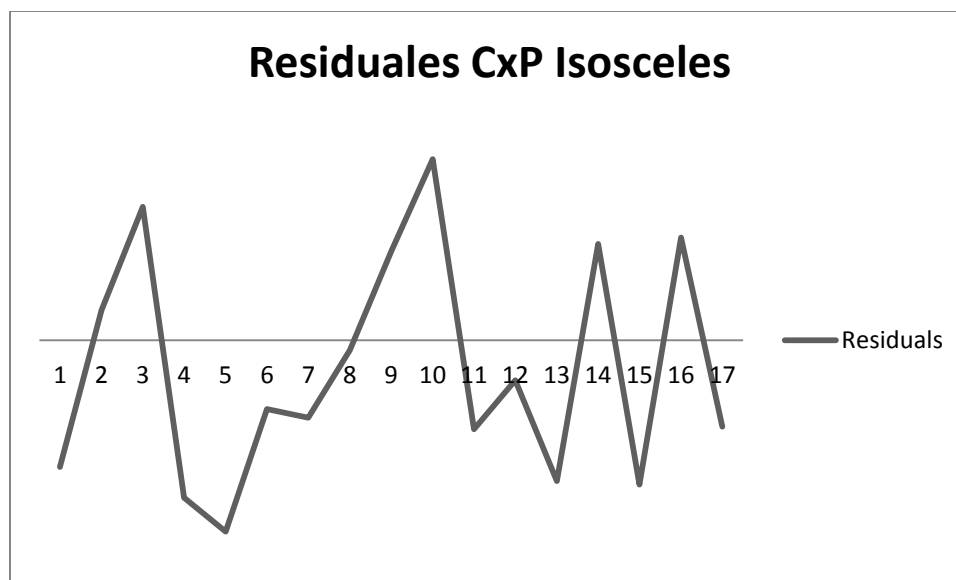


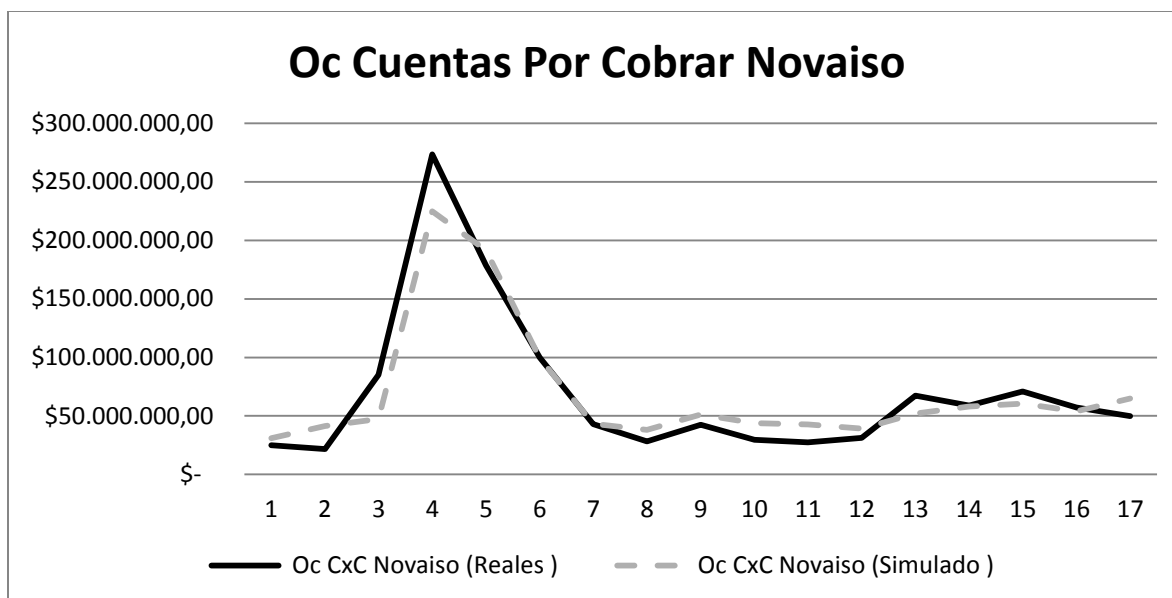
Figura 66. Residuales cuentas por pagar Isósceles

En cuanto a los residuales se observan que estos no tienen ningún tipo de patrón o tendencia.

- **Resultados Calibración cuentas por cobrar Novaiso**

Tabla 21. Resumen calibración cuentas por cobrar, Novaiso

<b>CxC Novaiso</b>	<b>Min</b>	<b>Real</b>	<b>Max</b>	<b>Calibrado</b>
"Oc <30 Delay"[Novaiso,Ofiexport]	0	12	35	24,3862
"Oc <30 Delay"[Novaiso,Other]	0	12	35	35
"Oc 60-90 Delay"[Novaiso,Ofiexport]	50	74	100	65,0953
"Oc 60-90 Delay"[Novaiso,Other]	50	74	100	72,0347
"Oc >90 Credit Delay"[Novaiso,Ofiexport]	80	149	200	80
"Oc >90 Credit Delay"[Novaiso,Other]	80	149	200	85,3862
"Oc 30-60 Delay"[Novaiso,Ofiexport]	0	41,000	65	21,0147
"Oc 30-60 Delay"[Novaiso,Other]	0	41,000	65	42,4609
OC Sale Price[Novaiso,Other]	\$ 30.000,00	\$ 51.000,00		\$ 54.646,40
Oc Total Demand Delay[Novaiso,Ofiexport]	1	1	7	2,34249
Oc Total Demand Delay[Novaiso,Other]	1	1	7	1,03969



**Figura 67. Comportamiento cuentas por cobrar, Novaiso**

El comportamiento observado, aunque no muy preciso sí logra captar el comportamiento general de los datos reales, esto se debe a un dato atípico que se presenta en el día 120 y el modelo para intentar ajustarse incrementa su precio de venta lo que hace que la serie se afecte aumentando un poco sus niveles, sin embargo, se observa que el comportamiento es básicamente el mismo.

**Tabla 22. Resumen estadísticos cuentas por cobrar, Novaiso**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,9324047
Sesgo	0,0004504
Variación Desigual	0,3059493
Covariación Desigual	0,6936001

Como se puede observar los estadísticos revelan que el modelo logra asemejarse de buena manera a los datos reales, el R cuadrado es de 92 % y es considerablemente alto, por lo que se observa un buen ajuste.

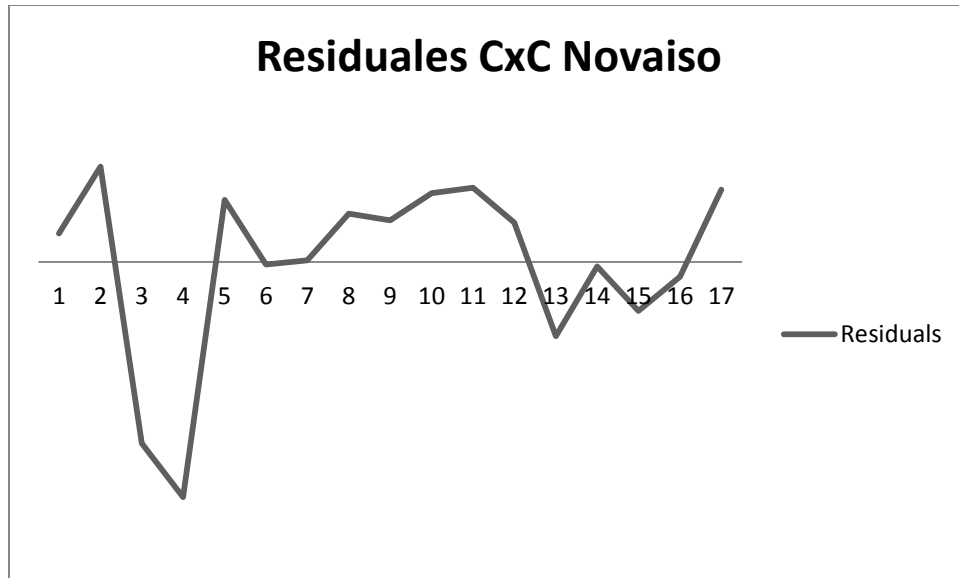


Figura 68. Residuales cuentas por cobrar, Novaiso

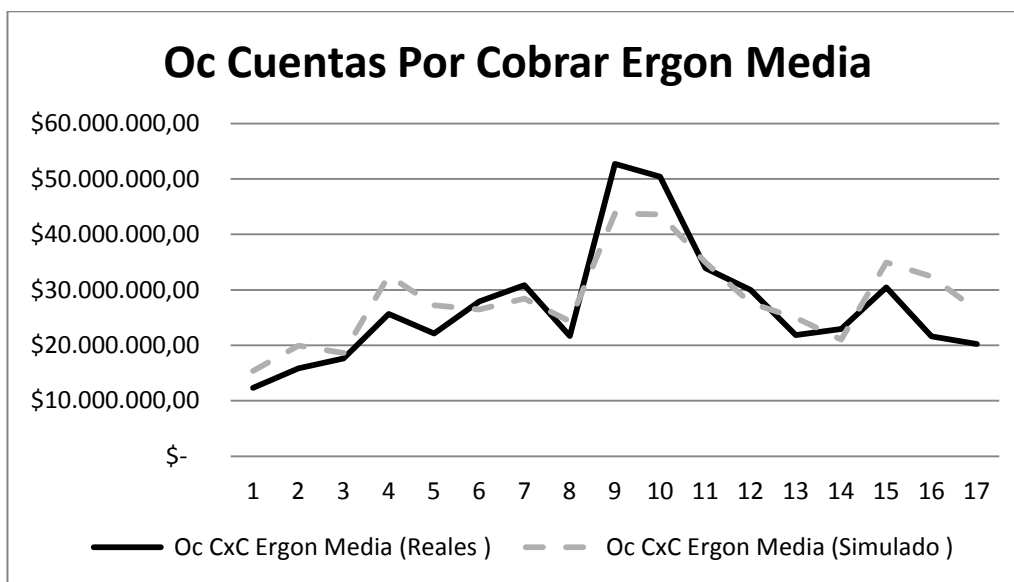
En cuanto a los residuales se observan que estos no tienen ningún tipo de patrón o tendencia.

- **Resultados de la Calibración cuentas por cobrar Ergon Media**

Tabla 23. Resumen calibración cuentas por cobrar, Ergon Media

<i>OCCCergon</i>	<i>Min</i>	<i>Real</i>	<i>Max</i>	<i>Calibrado</i>
OC Sale Price[Ergon Media, Other]	\$ 80.000,00	\$ 150.280,00	\$ 200.000,00	\$ 162.948,00
"Oc <30 Delay"[Ergon Media, Ofiexport]	0	11	35	35
"Oc <30 Delay"[Ergon Media, Other]	0	11	35	10
"Oc 30-60 Delay"[Ergon Media, Ofiexport]	0	44,1	65	65
"Oc 30-60 Delay"[Ergon Media, Other]	0	44,1	65	34,01
"Oc 60-90 Delay"[Ergon Media, Ofiexport]	50	75	100	100
"Oc 60-90 Delay"[Ergon Media, Other]	50	75	100	74,0088
"Oc >90 Credit Delay"[Ergon Media, Ofiexport]	80	156		169,086
"Oc >90 Credit Delay"[Ergon Media, Other]	80	156		192,268
Oc Total Demand Delay[Ergon Media, Ofiexport]	1	1	7	7
Oc Total Demand Delay[Ergon Media, Other]	1	1	7	1,00279





**Figura 69. Comportamiento cuentas por cobrar, Ergon Media**

La grafica anterior representa los resultados para las cuentas por cobrar de la referencia Ergon media, se observa que el comportamiento simulado es muy similar al real excepto por algunos puntos en los que el modelo no los capta de buena manera. Para un mejor análisis nos remitimos a los estadísticos de Theil.

**Tabla 24. Resumen estadísticos cuentas por cobrar, Ergon Media**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,81793571
Sesgo	0,0803972
Variación Desigual	0,31151167
Covariación Desigual	0,60809106

Los resultados que muestran los estadísticos de Theil son muy buenos, la correlación es del 81.79%, el sesgo es casi cercano a cero lo que es muy bueno. Se concluye que el modelo tiene un buen ajuste respecto a los datos reales.

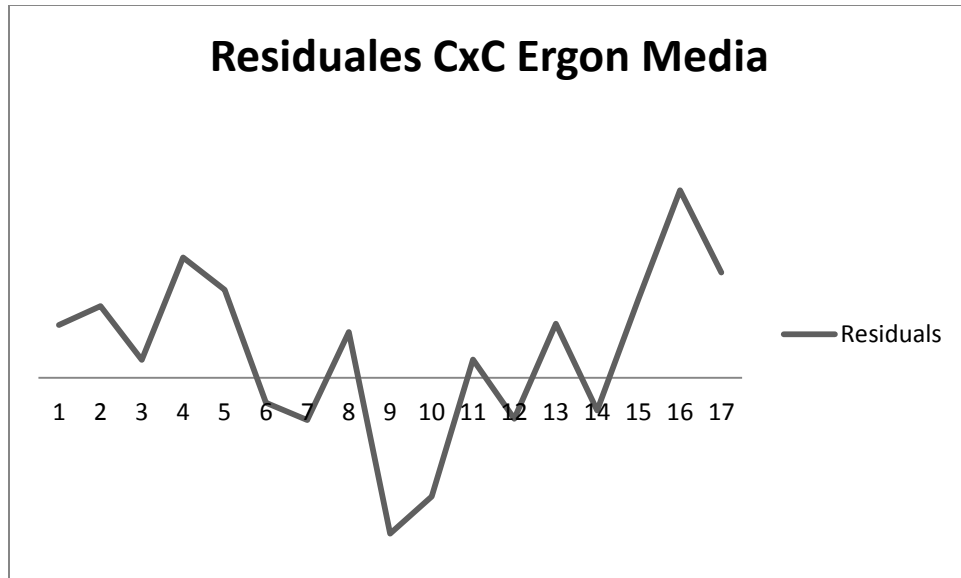


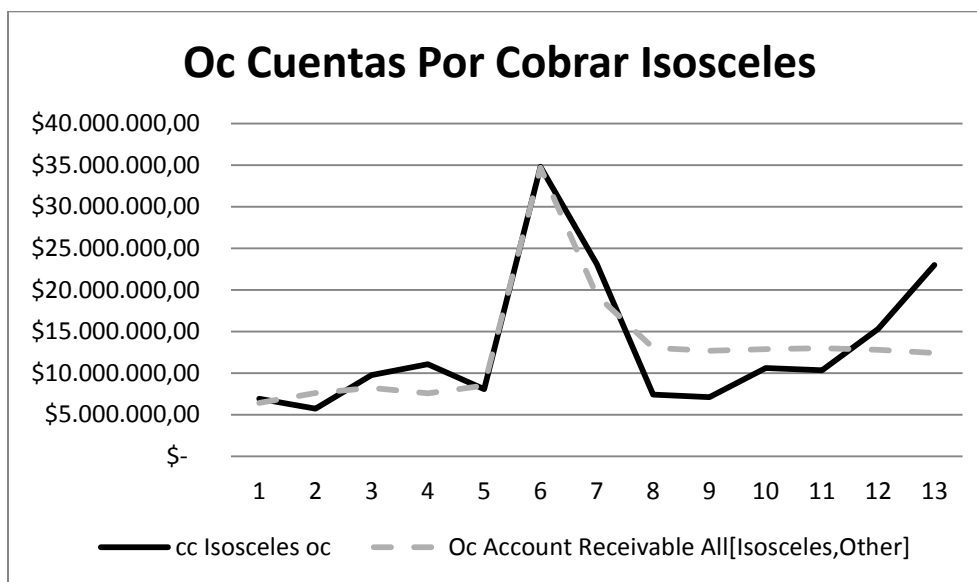
Figura 70. Residuales cuentas por cobrar, Ergon Media

En cuanto a los residuales se observan que estos no tienen ningún tipo de patrón o tendencia y que hay observaciones por arriba y debajo de cero.

- Resultados de la Calibración cuentas por cobrar Isósceles

Tabla 25. Resumen calibración cuentas por cobrar, Isósceles

<i>OCCCisos</i>	<i>Min</i>	<i>Real</i>	<i>Max</i>	<i>Calibrado</i>
OC Sale Price[Isosceles, Other]	\$ 50.000,00	\$ 92.056,30	\$ 120.000,00	\$ 88.462,70
"Oc <30 Delay"[Isosceles,Ofiexport]	0	13,06	35	30
"Oc <30 Delay"[Isosceles,Other]	0	13,06	35	30
"Oc 30-60 Delay"[Isosceles,Ofiexport]	0	44,3	60	40,00057
"Oc 30-60 Delay"[Isosceles,Other]	0	44,3	60	490014
"Oc 60-90 Delay"[Isosceles,Ofiexport]	40	54,88	100	100
"Oc 60-90 Delay"[Isosceles,Other]	40	54,88	100	60,0065
"Oc >90 Credit Delay"[Isosceles, Ofiexport]	80	162,15	300	162,15
"Oc >90 Credit Delay"[Isosceles, Other]	80	162,15	300	162,15
Oc Total Demand Delay[Isosceles, Ofiexport]	1	1	7	7
Oc Total Demand Delay[Isosceles, Other]	1	1	7	1



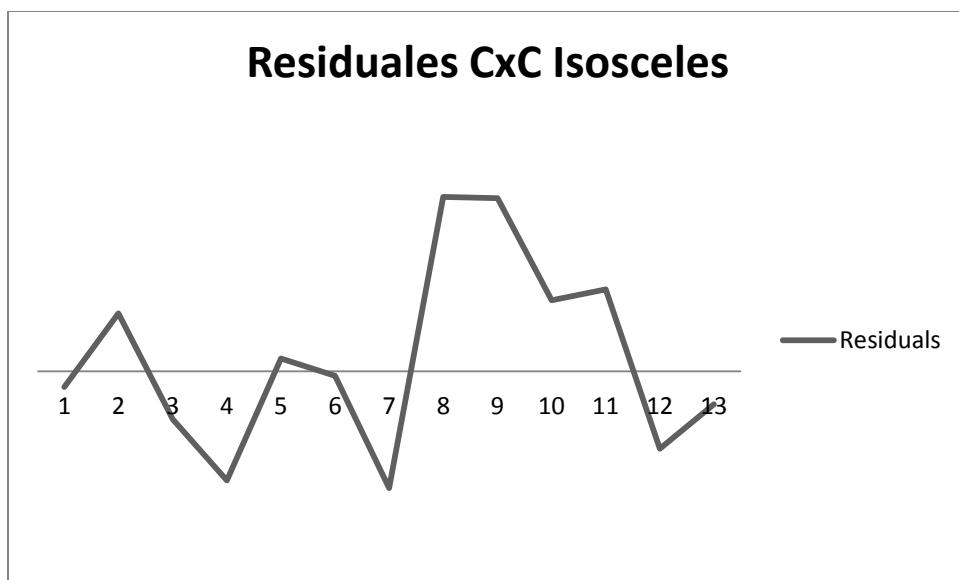
**Figura 71. Comportamiento cuentas por cobrar, Isósceles**

La grafica mostrada a continuación representa el comportamiento de los datos reales vs los simulados de las cuentas por cobrar para la referencia Isósceles. Al igual que con las otras referencias esta presenta un comportamiento muy similar al real, se observa que el modelo se adapta bien a los altos y bajos de las cuentas por cobrar. Su comportamiento se analiza de mejor manera al calcular los estadísticos de Theil.

**Tabla 26. Resumen estadísticos cuentas por cobrar, Isósceles**

Estadístico de Desigualdad de Theil	
R Cuadrado	0,74736053
Sesgo	0,00579316
Variación Desigual	0.0779997
Covariación Desigual	0,91620713

Los resultados del estadístico de Theil son muy buenos, este nos arroja que el ajuste del modelo es del 94,5 %, por otra parte el sesgo al igual que la variación desigual son muy cercanas a cero que es lo deseado.



**Figura 72. Residuales cuentas por cobrar, Isósceles**

En cuanto a los residuos se observan que estos no tienen ningún patrón o comportamiento, y hay observaciones por encima y debajo de cero.

En general los resultados de las distintas calibraciones son muy buenos en cuanto comportamiento y estadísticas. No hay razón para decir que el modelo no logra simular la realidad, ya que este capta de forma general las distintas series de datos calibradas. A partir de este modelo se pueden hacer pruebas para generar políticas de mejoras para el flujo de caja, tal como se pretende como objetivo máximo del proyecto.

### 4.3 Análisis de sensibilidad y optimización:

#### 4.3.1 Análisis de sensibilidad

Para el análisis de sensibilidad del modelo se perturbarán los valores correspondientes a las constantes de cada instancia y se observaran los resultados obtenidos en las variables de C2C y flujo de caja. El objetivo primordial es determinar qué parámetros tienen mayor influencia, con el fin de implementar políticas y acciones de mejora que permitan aumentar la utilidad de la cadena de suministro estudiada, lo cual, se ve reflejado en la variable de flujo de caja del modelo y a su vez disminuir el valor de la métrica del C2C, lo que conlleva a funciones de optimización multi-objetivo.

A continuación se consideran las constantes relacionadas al modelo de la compañía con los niveles mínimos y máximos factibles en el sistema real, las cuales se encuentran entre los parámetros que afectan en mayor medida las variables de interés el cual se encuentra demostrado con el análisis de sensibilidad realizado en la sección 4.3.1.1.

**Tabla 27. Intervalos de confianza para el análisis de sensibilidad de constantes**

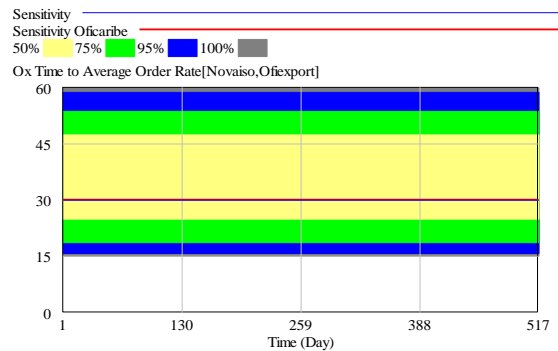
Variable	Min	Max	Unidades
Ox Time to Average Order Rate[Products,Ofiexport]	15	60	Day
Ox Inventory Adjustment Time[Products,Ofiexport]	1	30	Day
Ox WIP adjustment Time[Products,Ofiexport]	1	30	Day
Ox Material Safety Stock Coverage[Products,Ofiexport]	1	2	Day
Ox Shipment Delay Oc to Ox[Products,Ofiexport]	1	2	Day
Ox Target Delivery Delay[Products,Ofiexport]	3	6	Day
Ox Long Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0,2	0,7	Dimensionless
Oc Time to Average Order Rate[Products,Costumer]	15	60	Day
Oc Inventory Adjustment Time[Products,Costumer]	1	30	Day
Oc Safety Stock Coverage[Products,Costumer]	1	5	Day
Oc Desired Material Inventory Coverage[Products,Costumer]	1	7	Day

Se observa que las variables expuestas están directamente relacionadas a las secciones de aprovisionamiento de materiales, producción de la compañía y a políticas financieras, por consiguiente es conveniente realizar simulaciones utilizando el método

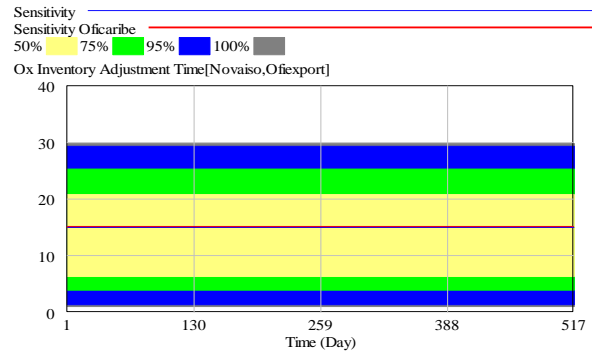
de Montecarlo para evaluar el nivel de variación real en el sistema para cada rango de parámetros e interacciones para intervalos de confianza establecidos.

El objetivo posterior es optimizar el modelo para reconfigurarlo en razón a la respuesta esperada de la variable C2C y flujo de caja. Para así disponer de un conjunto de políticas validadas que al ser replicadas en el sistema real presenten resultados positivos en razón al sistema financiero de la cadena de suministro.

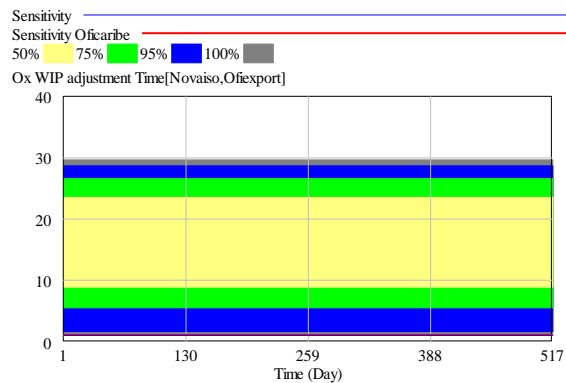
#### 4.3.1.1 Intervalos de confianza



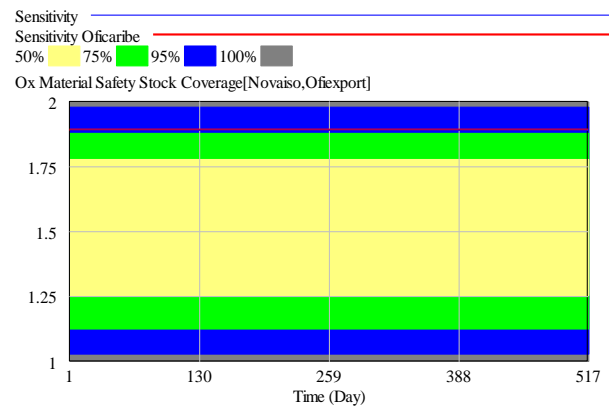
Ox Time to Average Order Rate: Random Uniform (15, 60)



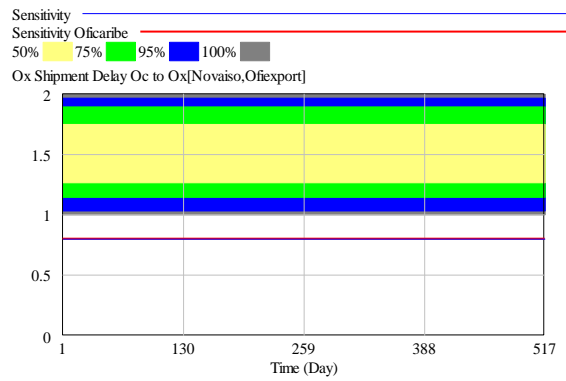
Ox Inventory Adjustment Time: Random Uniform (1, 30)



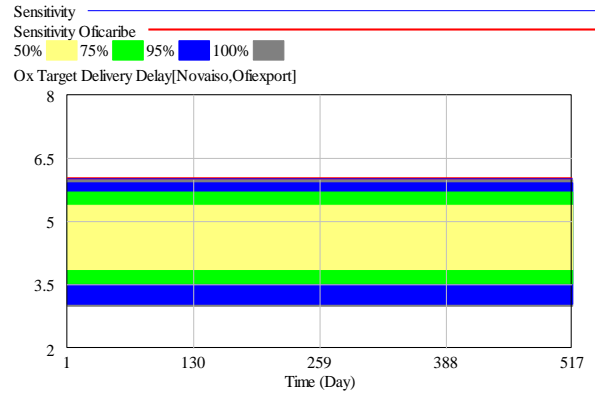
Ox WIP adjustment Time: Random Uniform (1, 30)



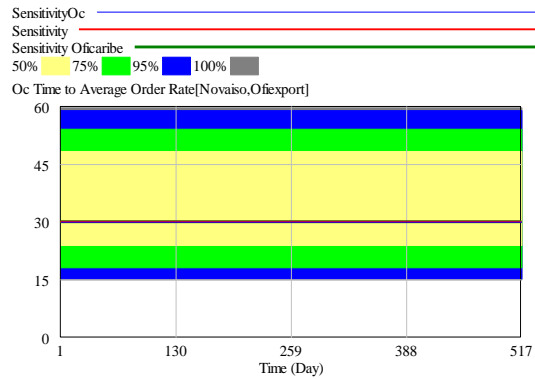
Ox Material Safety Stock: Random Uniform (1, 2)



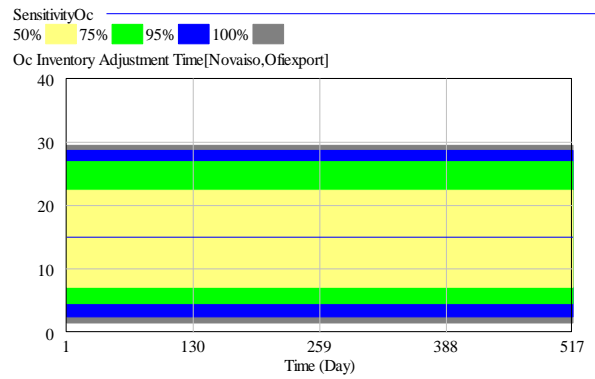
Ox Shipment Delay Oct o Ox: Random Uniform (1, 2)



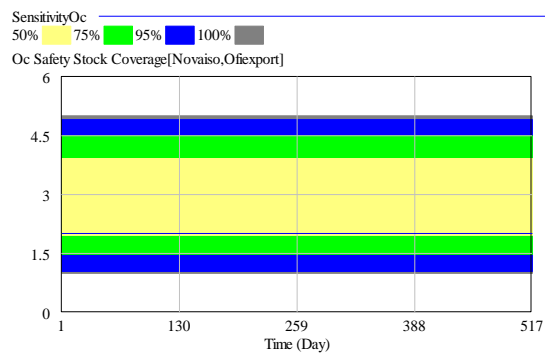
Ox Target Delivery Delay: Random Uniform (3, 6)



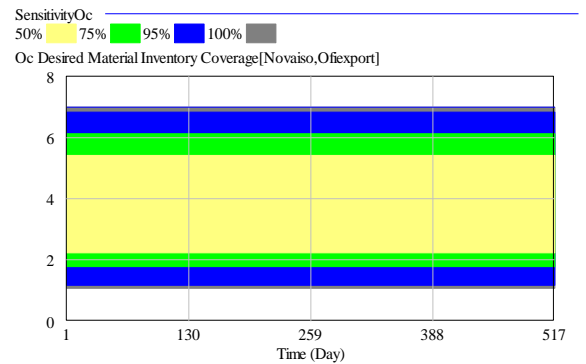
Oc Time to Average Rate: Random Uniform (15, 60)



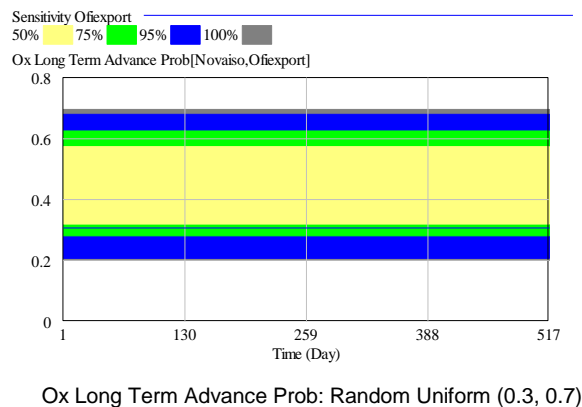
Oc Inventory Adjustment Time: Random Uniform (1, 30)



Oc Safety Stock Coverage: Random Uniform (1, 5)



Oc Desired Material Inventory: Random Uniform (1, 7)



**Figura 73. Intervalo de confianza análisis de sensibilidad**

Las variaciones presentadas por los factores en los diferentes rangos de intervalos denotan la gran desviación que forman en las variables de respuesta. En este punto se proponen distintas combinaciones de optimizaciones en Vensim® para ver cuál es la reconfiguración más recomendable para la cadena de suministro

#### 4.3.2 Optimización de C2C cadena de suministro

Se utilizara el motor de optimización de Vensim® el cual trabaja con el algoritmo de Powell Hill, este puede buscar en un gran espacio los distintos valores que pueden tomar los parámetros anteriormente definidos en el análisis de sensibilidad. Este optimizador no tiene un número límite para la búsqueda de valores óptimos conocidos como payoff, por lo tanto se detuvieron las optimizaciones hasta que dichos valores no cambiaran a través de las simulaciones. Al finalizar las simulaciones, se tuvo en cuenta que los valores de los parámetros estuviesen dentro de los límites designados.

Las optimizaciones recomendadas están en funciones de las variables de respuesta.

Función de optimización 1: Minimizar C2C

Función de optimización 2: Maximizar Flujo de caja

Función de optimización 3: Optimización multiobjetivo, minimizar C2C y maximizar Flujo de caja

Por consiguiente se dispondrá a reconfigurar el sistema utilizando los rangos factibles de las variables. Dónde:

**Tabla 28. Función de optimización 1 C2C cadena de suministro**



Variable	Min	Max	Ajuste
Ox Time to Average Order Rate[Products,Ofiexport]	15	60	55
Ox Inventory Adjustment Time[Products,Ofiexport]	1	30	30
Ox WIP adjustment Time[Products,Ofiexport]	1	30	30
Ox Target Delivery Delay[Products,Ofiexport]	3	6	5
Oc Time to Average Order Rate[Products,Costumer]	15	60	50
Oc Inventory Adjustment Time[Products,Costumer]	1	30	14
Oc WIP Adjustment Time[Products,Costumer]	1	30	25
Oc Desired Material Inventory Coverage[Products,Costumer]	1	7	4
Oc Material Inventory Adjustment Time[Products,Costumer]	1	7	6
Ox Long Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0,2	0,7	0,7

**Tabla 29. Función de optimización 2 Cash Flow cadena de suministro**

Variable	Min	Max	Ajuste
Ox Time to Average Order Rate[Products,Ofiexport]	15	60	15
Ox Inventory Adjustment Time[Products,Ofiexport]	1	30	7
Ox Target Delivery Delay[Products,Ofiexport]	3	6	3,6
Oc Time to Average Order Rate[Products,Costumer]	15	60	60
Oc Inventory Adjustment Time[Products,Costumer]	1	30	30
Oc Safety Stock Coverage[Products,Costumer]	1	5	1
Oc WIP Adjustment Time[Products,Costumer]	1	30	1
Oc Desired Material Inventory Coverage[Products,Costumer]	1	7	3
Oc Material Inventory Adjustment Time[Products,Costumer]	1	7	5
Ox Long Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0,2	0,7	0,7

**Tabla 30. Función de optimización 3 C2C y Cash Flow cadena de suministro**

Variable	Min	Max	Ajuste
Ox Time to Average Order Rate[Products,Ofiexport]	15	60	15
Ox Inventory Adjustment Time[Products,Ofiexport]	1	30	8
Ox WIP adjustment Time[Products,Ofiexport]	1	30	14
Ox Material Safety Stock Coverage[Products,Ofiexport]	1	2	1,03
Ox Shipment Delay Oc to Ox[Products,Ofiexport]	1	2	1,5
Ox Target Delivery Delay[Products,Ofiexport]	3	6	4,42
Oc Time to Average Order Rate[Products,Costumer]	15	60	50
Oc Inventory Adjustment Time[Products,Costumer]	1	30	30
Oc Safety Stock Coverage[Products,Costumer]	1	5	1
Oc Desired Material Inventory Coverage[Products,Costumer]	1	7	6
Ox Long Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0,2	0,7	0.7

### 4.3.3 Graficas Optimizaciones de variables financieras

En esta sección se presentan los gráficos resultados de las variables de interés para las distintas optimizaciones propuestas con anterioridad, para ello se procede a crear una codificación para cada uno de los escenarios y también una para el escenario actual de la cadena de suministro la cual se muestra a continuación:

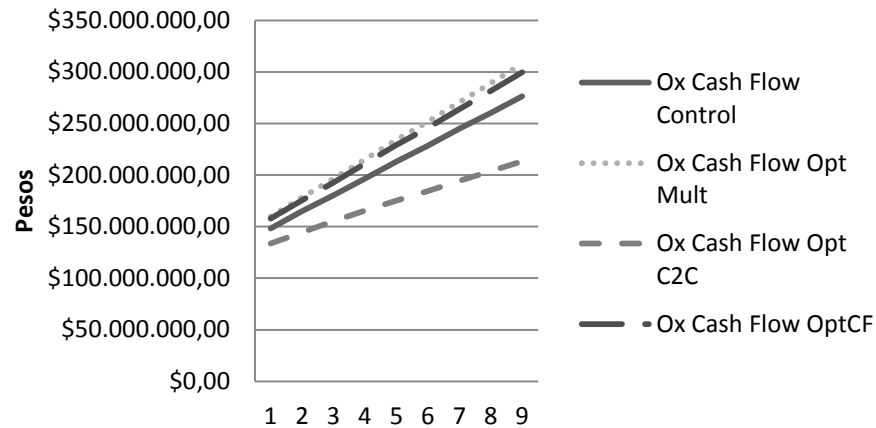
**Tabla 31. Codificación optimización**

<b>Código</b>	<b>Significado</b>
Control	Estado actual
Opt Mult	Optimización C2C y Flujo de caja
Opt C2C	Optimización C2C
OptCF	Optimización Flujo de caja

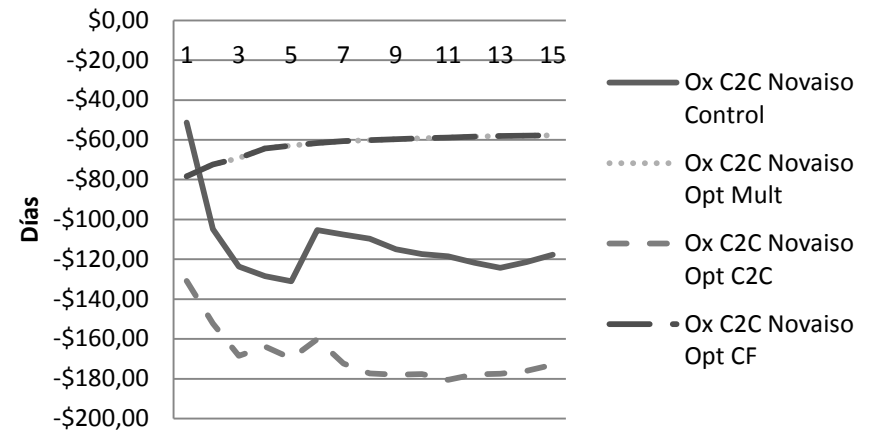
Para las dos compañías se manejan los mismos trazos de línea para las gráficas de los resultados, en donde la línea continua representa el estado actual de la cadena de suministro (Control), la línea de puntos representa la optimización multivariada (Opt Mult), la línea punteada media gris más clara representa los resultados de la optimización de la variable C2C (Opt C2C) y por último la línea punteada de color más oscuro y un poco más extensa que la anterior representa la optimización del flujo de caja (OptCF).

## Graficas Empresa Distribuidora “Ofiexport”

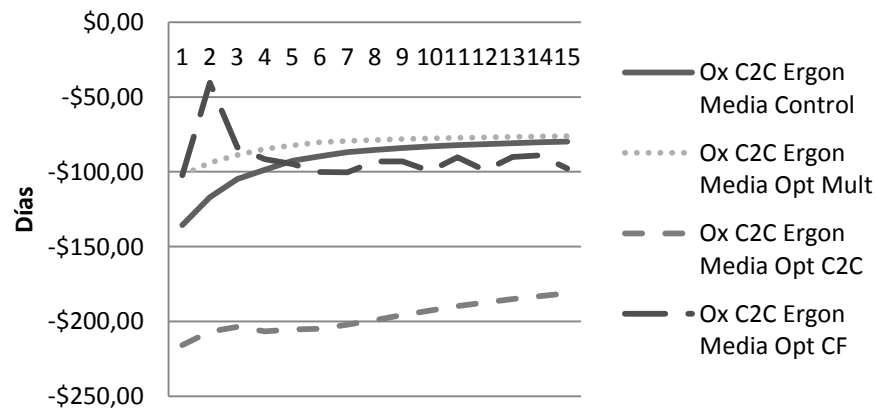
### Ox Cash Flow



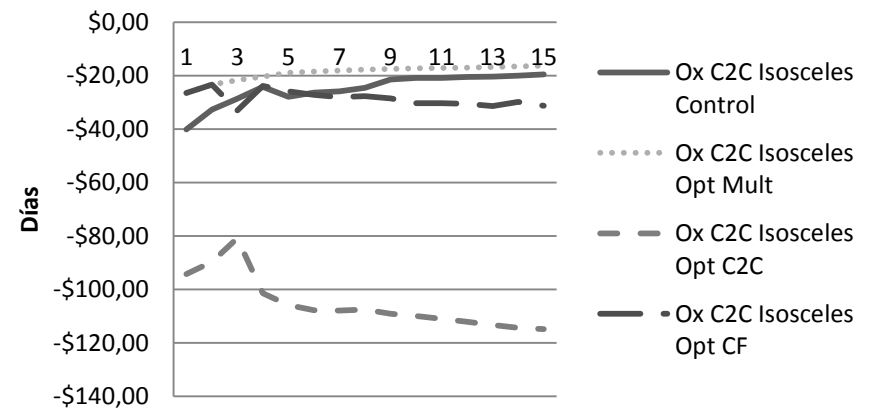
### OX C2C Novaiso



### Ox C2C Ergon Media

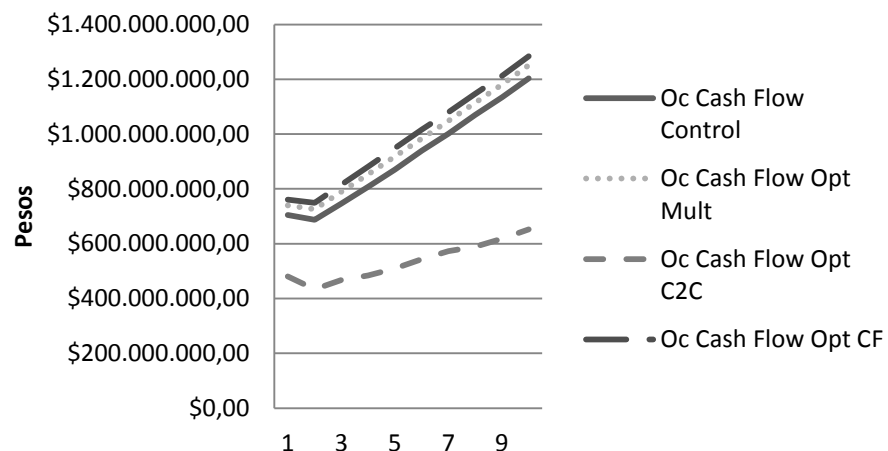


### Ox C2C Isosceles

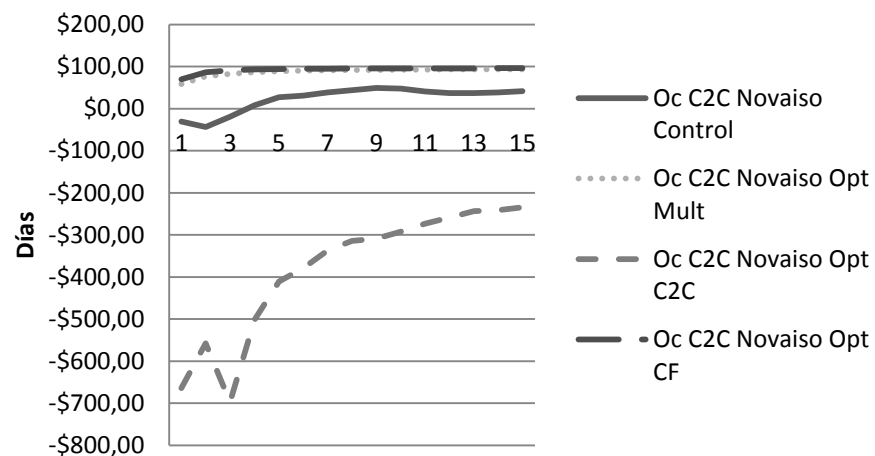


## Graficas Empresa Fabricante “Oficaribe”

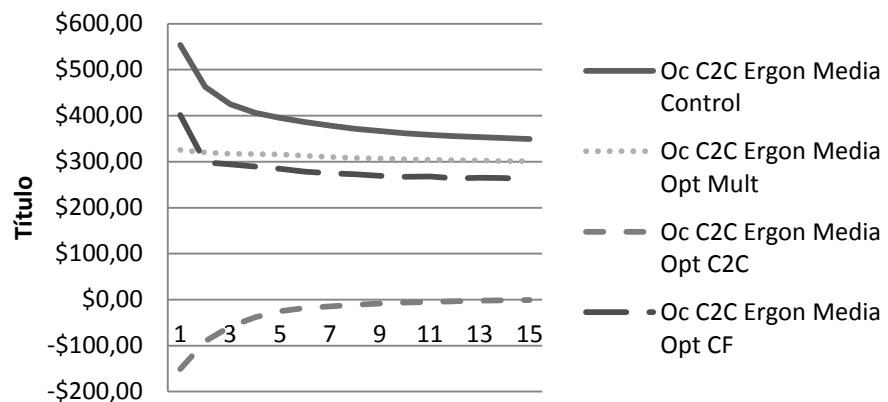
### OC Cash Flow



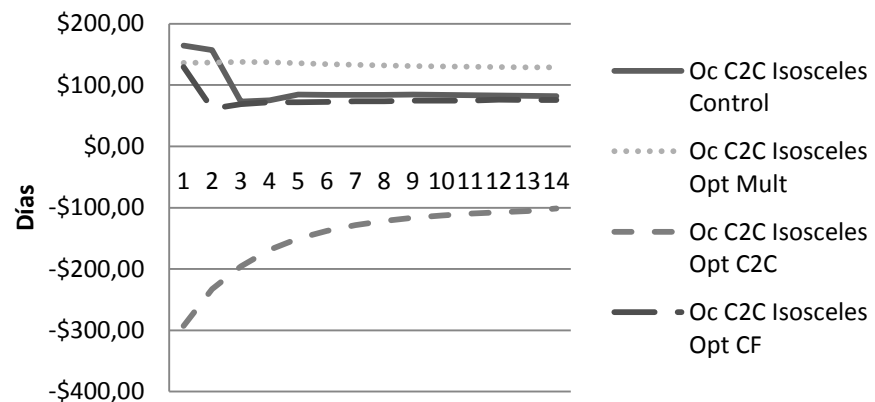
### OC C2C Novaiso



### OC C2C Ergon Media



### OC C2C Isosceles



#### 4.3.4 Análisis e interpretación de los resultados

Para la empresa distribuidora la variable de respuesta Ox Cash Flow, las dos mejores optimizaciones que muestran una mejoría sustancial del flujo de caja son: la Opt Mult y la OptCf en donde la primera sobresale un poco sobre la otra, sin embargo, se nota una importante disminución de los ingresos de la compañía con la Opt C2C. Para la referencia Novaiso existe una gran mejoría de la métrica con la Opt C2C y por el contrario las otras dos optimizaciones desmejoran las métricas en la misma proporción aunque es importante resaltar que la métrica sigue siendo negativa. Tanto Para la referencia de la Ergon Media como para Isósceles la Opt C2C es el único escenario que le presenta una mejoría sustancial a la compañía de la métrica.

Para la empresa fabricante los análisis son los mismos ya que el comportamiento de las variables para las dos empresas no difiere. El comportamiento que difiere entre compañía y compañía es que esta vez para la variable del flujo de caja la Opt CF es levemente superior al Opt Flow Mult.

Para facilitar el análisis de los resultados de la optimización se procede a calcular el cambio de las variables estudiadas en términos porcentuales contra la simulación de control o estado actual de la cadena de suministro.

**Tabla 32. Cambio relativo en las variables de respuesta en términos de porcentajes para Ofiexport**

<b>Código</b>	<b>Ox Cash Flow</b>	<b>Ox C2C Novaiso</b>	<b>Ox C2C Ergon Media</b>	<b>Ox C2C Isósceles</b>
Ox Cash Flow Opt Mult	11%	-51%	-5%	-17%
Ox Cash Flow Opt C2C	-23%	47%	127%	486%
Ox Cash Flow OptCF	8%	-51%	23%	60%

**Tabla 33. Cambio relativo en las variables de respuesta en términos de porcentajes para Oficaribe**

<b>Código</b>	<b>Oc Cash Flow</b>	<b>Oc C2C Novaiso</b>	<b>Oc C2C Ergon Media</b>	<b>Oc C2C Isósceles</b>
Oc Cash Flow Opt Mult	4%	-126%	14%	-57%
Oc Cash Flow Opt C2C	-46%	667%	100%	223%
Oc Cash Flow OptCF	7%	-132%	25%	8%

La optimización del flujo de caja (Oc Cash Flow OptCF) es la que presenta mejores resultados en términos financieros, ya que mejora sustancialmente el flujo de caja de la cadena de suministro y mejora la métrica C2C de dos de los productos banderas y solo afecta negativamente el producto Novaiso, esto debido a que las licitaciones afectan el C2C de toda la cadena de suministro consecuente a que son cuentas por cobrar más largas a través del tiempo que las cuentas de las ventas promedio. Está claro que el

porcentaje de afectación es alto, sin embargo es importante aclarar que la métrica sigue siendo negativa y que las compañías durante las distintas reuniones siempre hicieron énfasis en sus flujos de caja lo cual siempre demarcaron como su prioridad. Es bueno tener en cuenta que la empresa no se vería afectada por la merma de la métrica para la referencia Novaiso, ya que la liquidez de la misma es buena.

La tabla 34 ilustra los ajustes de parámetros que se obtienen de una corrida de optimización haciendo uso de la función de flujo de caja (Oc Cash Flow OptCF). Se adiciona una interpretación cualitativa de la medida asociada con el cambio planteado por el modelo.

**Tabla 34. Reconfiguración de los parámetros de la cadena de suministro**

#	Variable	Real	Ajuste	Interpretación
1	Ox Time to Average Order Rate[Products,Ofiexport]	30	15	Pronostico más frecuente
2	Ox Inventory Adjustment Time[Products,Ofiexport]	15	7	Inspeccionar con mayor regularidad
3	Ox Target Delivery Delay[Products,Ofiexport]	6	3,6	Reducir el tiempo de entrega
4	Oc Time to Average Order Rate[Products,Costumer]	30	60	Pronostico menos frecuente
5	Oc Inventory Adjustment Time[Products,Costumer]	15	30	Inspeccionar con menor regularidad
6	Oc Safety Stock Coverage[Products,Costumer]	2	1	Reducir el inventario de seguridad
7	Oc Desired Material Inventory Coverage[Products,Costumer]	7	3	Reducir el inventario de seguridad
8	Oc Material Inventory Adjustment Time[Products,Costumer]	4	5	Inspeccionar con menor regularidad
9	Ox Long Term Advance Prob[Products,Ofiexport]	0,3	0,7	Aumentar licitaciones

Las reconfiguraciones propuestas sugieren políticas de pronósticos, abastecimiento de materiales y producción distintos a las expuestas en el sistema actual de la cadena de suministro.

De la Tabla 34, con respecto a los pronósticos se plantean modificaciones en los tiempos de revisión, para la empresa distribuidora se deben hacer tiempos más cortos y para la empresa fabricante puede realizar tiempos más largos.

En el abastecimiento de materiales la empresa fabricante se le plantea disminuir su inventario de seguridad de la materia prima como resultado de la mayor frecuencia en revisión (mayor control al volumen de inventario).

En producción se propone disminuir el tiempo de entrega objetivo de los productos finales a los clientes, lo cual conlleva a una entrega mucho más rápida.

En el control de inventarios, la empresa distribuidora debe disminuir los tiempos de revisión de su inventario final y la empresa fabricante inspeccionar con menor regularidad el inventario, dado que los cambios asociados al inventario en este nivel no genera gran impacto en los volúmenes.

## **4.4 Diseño de políticas y conclusiones**

### **4.4.1 Propuestas de mejora**

#### **4.4.2 Pronósticos cuantitativos**

Para la empresa manufacturera se recomienda el uso de un pronóstico cíclico debido a que la demanda histórica de la compañía se comporta de una manera estacional, con grandes volúmenes cada cierto periodo del año. De esta forma, se le recomienda implementar un método de pronóstico cíclico donde se hagan periodos de revisiones cada 60 días.

A la empresa distribuidora, la cual es una compañía que está en constante crecimiento, se le recomienda aplicar el método de suavización exponencial doble el cual consiste en una técnica para pronosticar series de tiempo usado en los casos en la que la variable a pronosticar presenta alguna tendencia, en este caso presenta una demanda creciente de tal forma que la revisión se realice cada 15 días.

Dado que las empresas que representan la cadena de suministro no utilizan pronósticos cuantitativos, se les recomienda invertir en software para realizar los pronósticos anteriormente mencionados.

#### **4.4.3 Implementación de políticas de inventario e inversión en tecnología**

La propuesta que se pretende implementar en la empresa fabricante es un MRP (Material Requirement planning) el cual es un programa que permite planear la producción y gestionar los inventarios de materias primas, sub-ensambles y productos terminados combinados; acompañado con un MLM (material logistic management) Cooper, M. C., & Ellram, L. M. (1993) que busca el balance entre cinco objetivos: 1. Controlar el desempeño en el servicio al cliente. 2. Reducción de inventarios. 3. Reducción de la variabilidad. 4. Minimización de los costos totales de operación y 5. Control a la calidad del producto.

Para la empresa distribuidora se recomienda la implementación de una revisión de inventarios periódica con un R o punto de revisión igual a 7 días.

Para la implementación de estas políticas la cadena de suministro necesita fuertes inversiones en tecnología y personal capacitado para el buen uso de la misma.



#### 4.4.4 Aumentar la participación en licitaciones

Una vez aplicadas las políticas de mejora presentes en este documento se le recomienda a la empresa distribuidora una mayor iniciativa para participar en un mayor número y monto en las licitaciones con el estado. Ya que la cadena estará preparada para responder a un aumento de la demanda.

#### 4.5 Escenario de licitaciones

En este escenario se quiere evaluar el efecto que tendría en las variables de estudio que la empresa Ofiexport participe en licitaciones, generando así un aumento en la demanda. Para dicho fin se utilizó una función de step para simular el aumento de la demanda sobre la variable Ox Customer Order Rate.

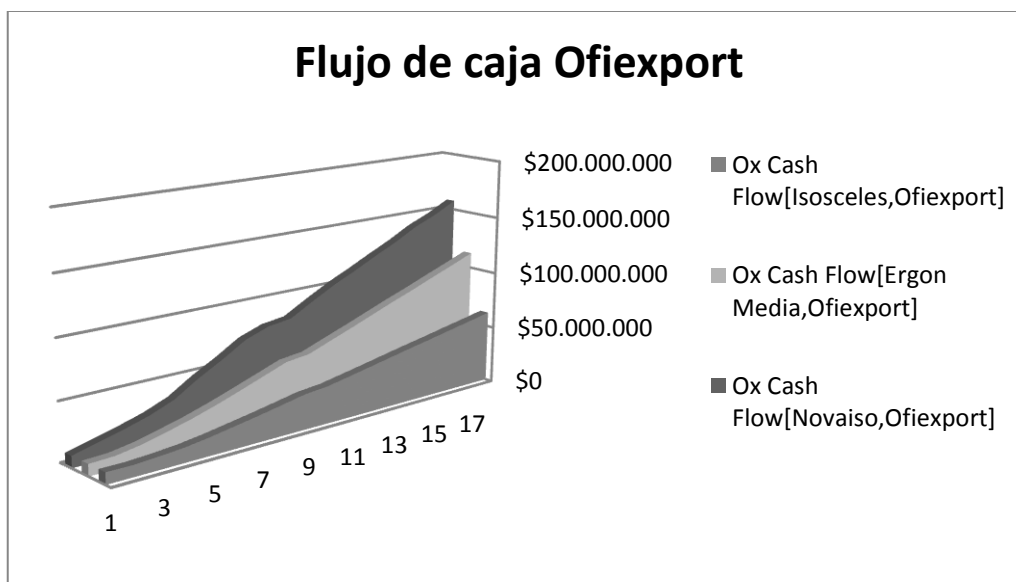
Otro de los cambios realizados fue aplicado a la variable Ox Long Term Advance Prob quien representa la probabilidad de ocurrencia de una licitación sobre la compañía.

- **Análisis Ofiexport**

A continuación se muestran las probabilidades de realizar licitaciones para cada uno de los productos en estudio de la empresa Ofiexport.

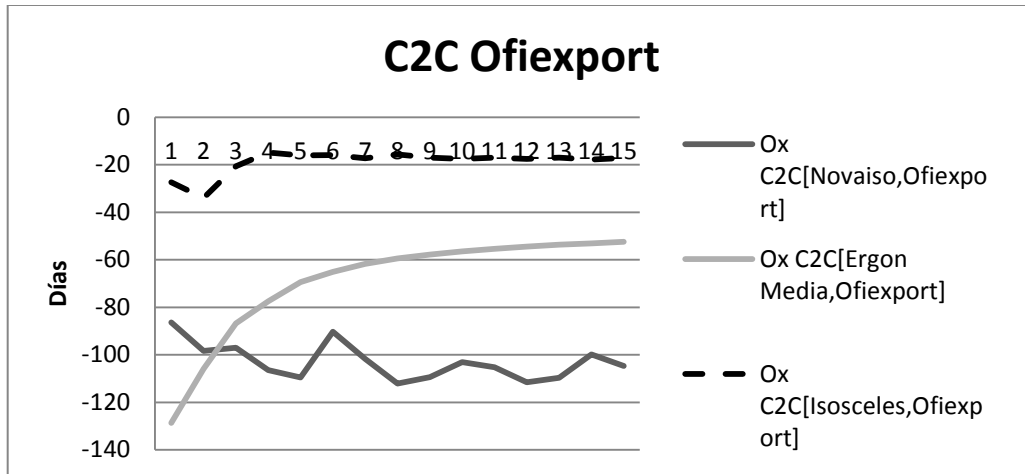
Tabla 35. Probabilidad de las compras a largo plazo (Licitaciones).

	Probabilidad de licitaciones		
	Novaiso	Ergon media	Isósceles
Actual	0,384229	0,801858	0,5012
Escenario Licitaciones	0,6305374	0,8811148	0,70072



**Figura 74. Flujo de caja Ofiexport escenario licitaciones.**

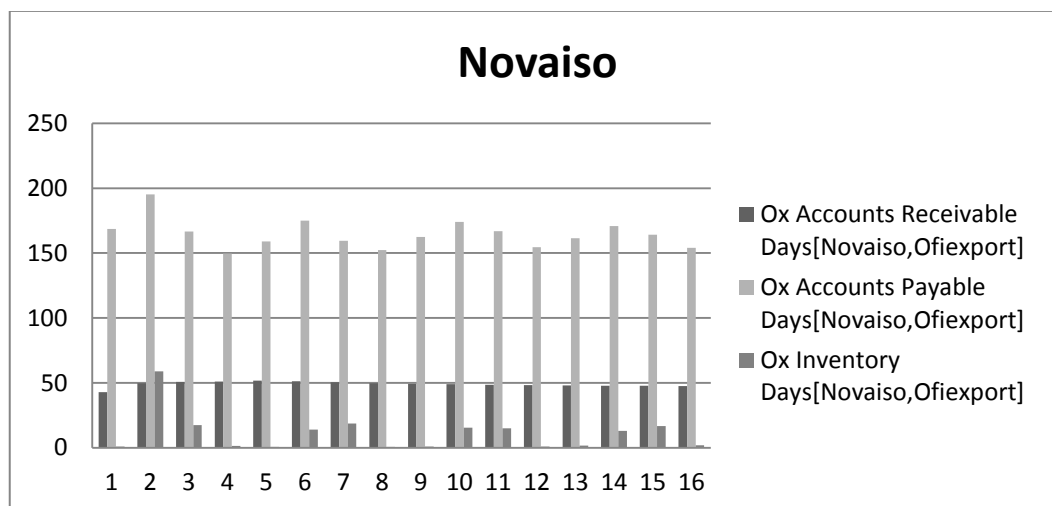
Para este escenario respecto a la métrica de cash flow el producto que proyecta el mayor flujo de caja es la silla Novaiso seguido por la Ergon media e Isósceles, un comportamiento que es predecible de acuerdo al aumento en la probabilidad de licitaciones ya que para la silla Novaiso aumentó en 64.1 %, en la Ergon media aumentó 9.88% y en la Isósceles aumentó en 39.81%. Se tiene para la silla Novaiso que al inicio de la simulación tiene un cash flow de \$ 10.000.000 y al final de la simulación llega a \$ 157.852.944 que indica casi quince veces el cash flow inicial. La silla Isósceles tuvo su pico más alto en \$ 62.532.652 y es la que presenta el menor cash flow al final de la simulación, a pesar de su considerable aumento en las licitaciones respecto a la silla Ergon media; esta situación puede ser explicada dada la diferencia de precios en los productos.



**Figura 75. Cash to cash Oficaribe, escenario licitaciones.**

Para el escenario licitaciones en cuanto a la métrica de C2C se observa al igual que en el escenario base, el producto que presenta el mejor comportamiento es la silla Novaiso, recordemos que la disminución de esta métrica incrementa el valor neto del flujo de efectivo por lo que la empresa aumenta su liquidez tal como se observó en la Figura 75.

El producto que presenta el valor más alto de la métrica a lo largo de la simulación es la silla Isósceles, estos comportamientos se explican más claramente con las gráficas presentadas a continuación.



**Figura 76. Inventario, días de cxc y días de cxp Novaiso.**

Para entender la métrica C2C presentada anteriormente es necesario analizar el comportamiento de los inventarios, las cuentas por pagar y las cuentas por cobrar. Para la silla Novaiso se observó el mejor comportamiento de la métrica C2C respecto a las sillas Ergon media e Isósceles. Esto se debe a que la empresa Ofiexport no maneja inventarios y los días de cuentas por cobrar son muchos menores a los días de cuentas por pagar tal como se observa en la figura 76.

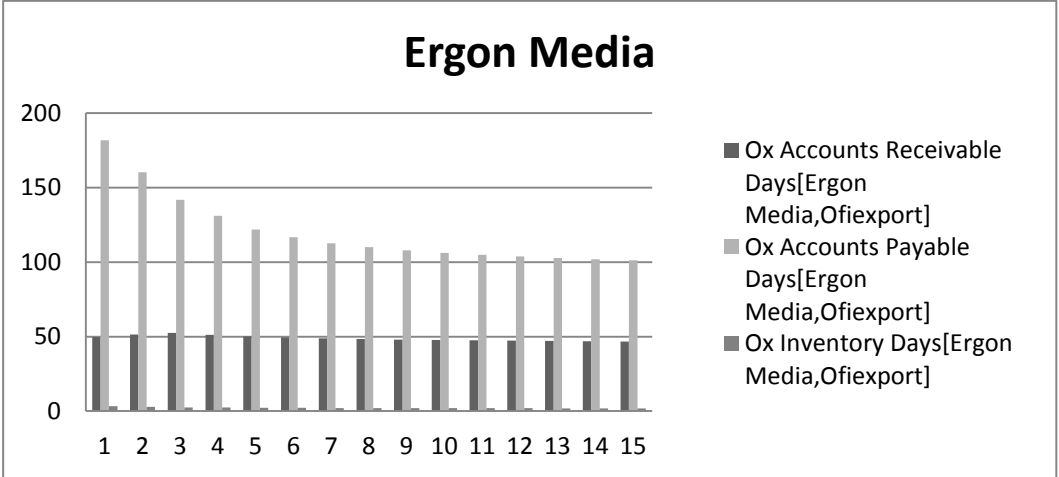
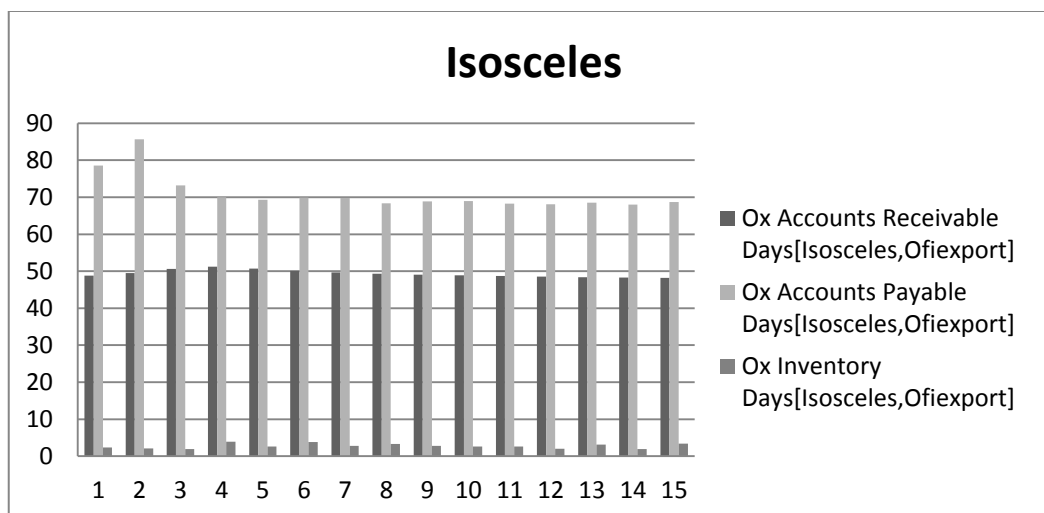


Figura 77. Inventario, días de cxc y días de cxp Novaiso

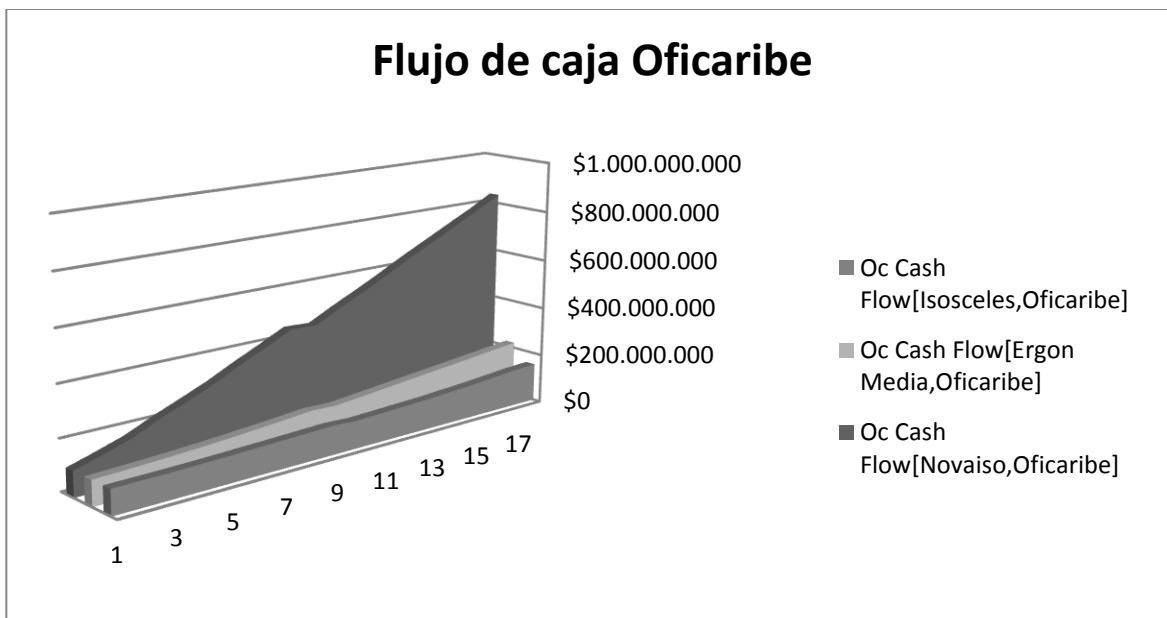
Para la silla Ergon media, al igual que con la silla Novaiso en ambos escenarios la métrica C2C es negativa lo cual es un buen índice de liquidez, sin embargo durante la simulación se observa que la métrica tiene un comportamiento creciente aunque se mantiene negativa.



**Figura 78. Inventario, días de cxc y días de cyp Novaiso**

Al igual que en el escenario base, la silla Isósceles presenta el peor comportamiento de la métrica C2C, quien se justifica con los elevados días de cuentas por cobrar que se maneja para este producto. Estos, también se ven reflejados en el flujo de caja.

- **Análisis Oficaribe**



**Figura 79. Flujo de caja Ofiexport escenario licitaciones.**

Para el caso de Oficaribe respecto a la métrica de cash flow el producto que proyecta el mayor flujo de caja es la silla Novaiso seguido por la Ergon media e Isósceles, un comportamiento que es predecible de acuerdo al aumento en las licitaciones por parte de su cliente Ofiexport. El producto Novaiso alcanza su máximo valor en \$ 834.516.168 que indica casi quince veces el cash flow inicial y representa un aumento de \$6.045.360 respecto al escenario base. La silla Isósceles tuvo su pico más alto en \$ 154.165.923 el cual es un aumento insignificante respecto al presentado en el primer escenario.

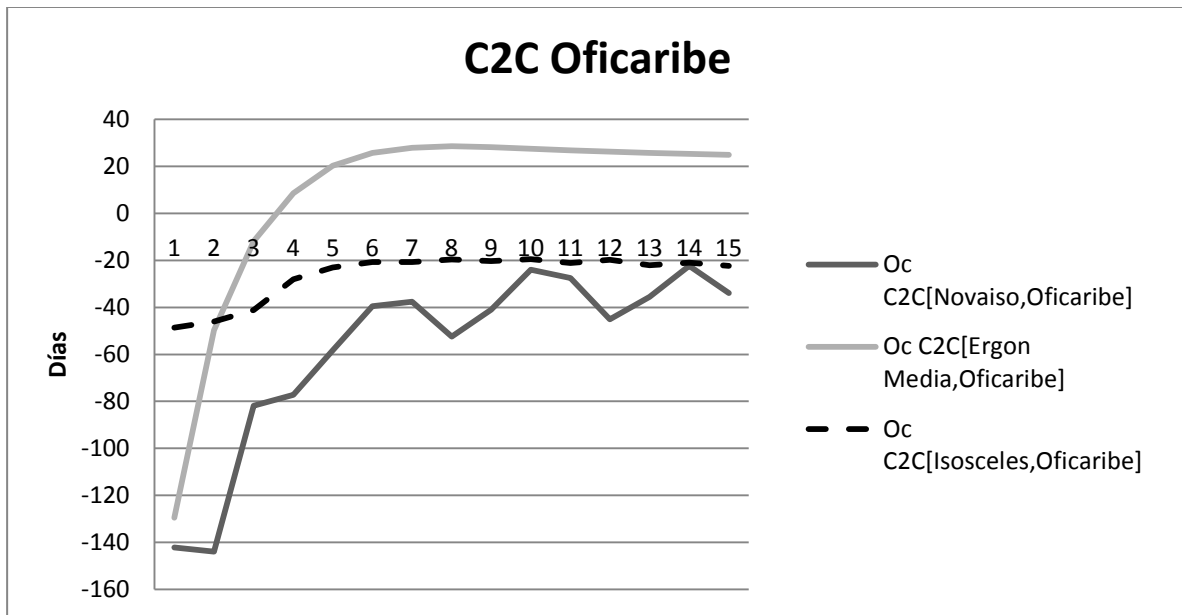


Figura 80. Cash to cash Oficaribe, escenario licitaciones.

En cuanto a la métrica de C2C se observa que el producto que presenta el mejor comportamiento es la silla Novaiso, sin embargo a medida que avanza la simulación se observa que la métrica tiende a valores positivos afectando de esta manera al flujo de efectivo. Este aumento de la métrica se explica por la disminución de los días de cuentas por pagar tal como se muestra en la figura 80.

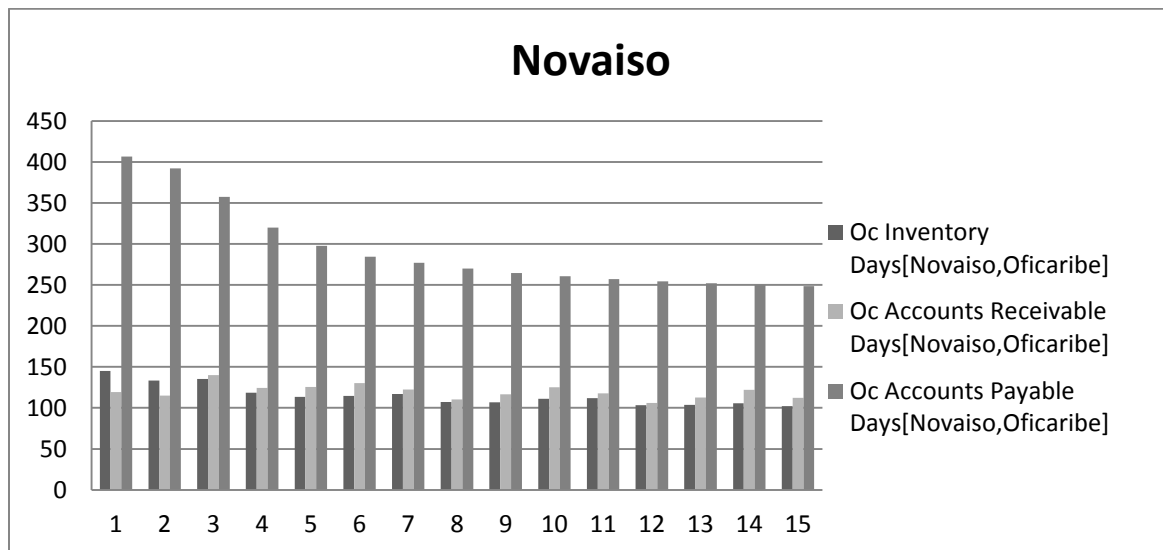


Figura 81. Inventario, días de cxc y días de cyp Novaiso.

Para la silla Novaiso, se observa como los días de cuentas por cobrar fluctúan al igual que los días de inventarios en un margen reducido, a diferencia de los días de cuentas por pagar que tienden a disminuir gradualmente y afecta directamente a la métrica de C2C.

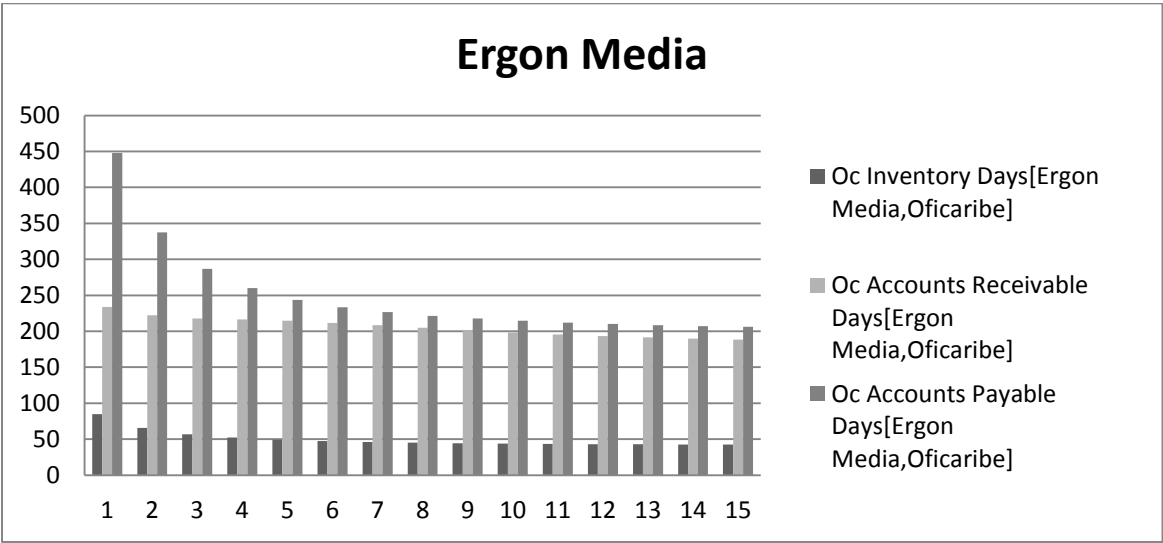


Figura 82. Inventario, días de cxc y días de cxp Novaiso.

Para la silla Ergon media se observa la gran fluctuación que existe en los días de cuentas por pagar hasta el punto que tienden a converger a los días de cuentas por cobrar. Esto perjudica de manera notable la métrica de C2C afectando así al flujo de efectivo.



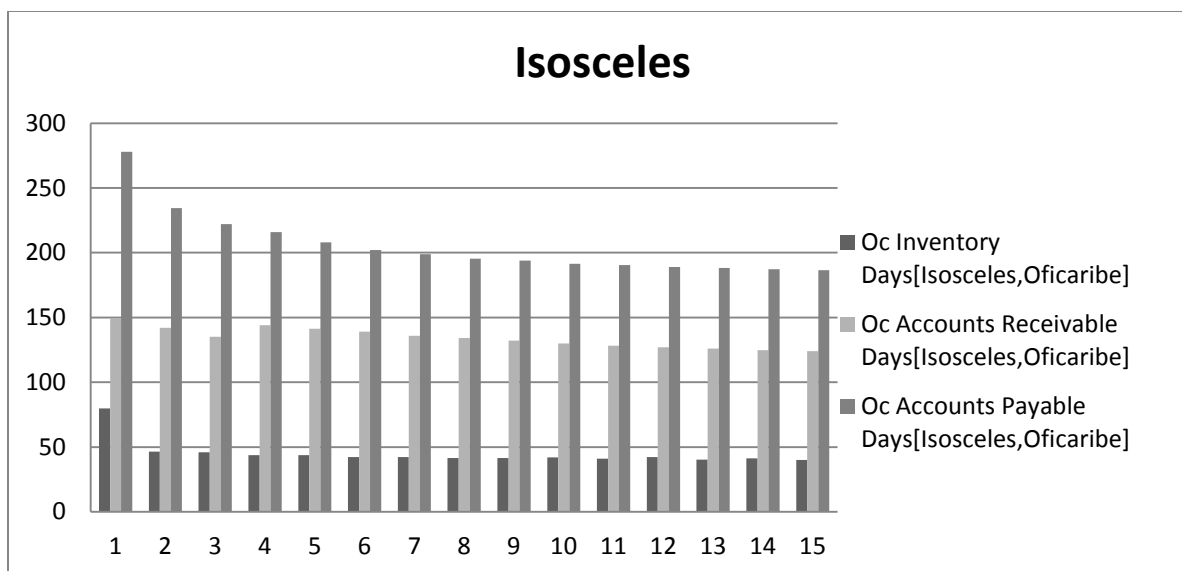


Figura 83. Inventario, días de cxc y días de cxp Novaiso.

Para la silla Isósceles, al igual que con la silla Ergon media la métrica C2C tiende a ser positiva afectando el cash flow y a su vez la liquidez de la empresa.

A continuación se presenta una tabla comparativa de los flujos de caja de Ofiexport para sus tres productos en los escenarios evaluados:

Tabla 36. Comparación flujo de caja en distintos escenarios para Ofiexport.

	Escenario base	Licitaciones
<b>Novaiso</b>	\$ 129.206.600,00	\$ 157.852.944,00
<b>Ergon media</b>	\$ 88.957.440,00	\$ 113.334.144,00
<b>Isósceles</b>	\$ 58.059.308,00	\$ 62.532.652,00

Para los tres productos podemos observar que el escenario que presenta el mayor flujo de efectivo es el escenario de licitaciones mostrando una diferencia significativa respecto al escenario base. Esto se debe a que en este escenario se presenta un aumento significativo de la demanda y sus precios se mantienen estables, a diferencia del escenario base donde se mantiene la demanda.

En conclusión se le aconseja a la empresa Ofiexport para que tenga un aumento significativo en su flujo de caja, generar estrategias que permitan un aumento

significativo de la demanda, una de estas estrategias es la expuesta en este documento que hace referencia a la realización de licitaciones. A continuación veremos el efecto que produce la implementación de este escenario en la empresa Oficaribe.

Se presenta una tabla comparativa de los flujos de caja de Oficaribe para sus tres productos en los escenarios evaluados:

**Tabla 37. Comparación flujo de caja en distintos escenarios para Oficaribe.**

	<b>Escenario base</b>	<b>Licitaciones</b>
<b>Novaiso</b>	\$ 828.470.808,00	<b>\$ 834.516.168,00</b>
<b>Ergon media</b>	\$ 219.583.263,59	<b>\$ 221.794.124,00</b>
<b>Isósceles</b>	<b>\$ 154.995.923,00</b>	\$ 154.165.261,88

Para los productos Novaiso y Ergon Media podemos observar que el escenario que presenta el mayor flujo de efectivo al final de la simulación es el escenario de licitaciones quien muestra una diferencia significativa respecto al escenario base. Esta diferencia se muestra como consecuencia del aumento de la demanda de uno de sus clientes principales como lo es Ofiexport, esto quiere decir que para la empresa Oficaribe es conveniente que su cliente Ofiexport realice licitaciones.

En cuanto a la silla isósceles presenta un mayor flujo de efectivo en el escenario base el cual varía en \$830.661,13 respecto al escenario de licitaciones, sin embargo esta diferencia no es suficientemente significativa como para no aplicar el escenario propuesto ya que sus beneficios respecto al flujo de efectivo son mayores.

En conclusión tanto para el proveedor como para el cliente el escenario que maximiza el flujo de efectivo es el del aumento de las licitaciones.

## CONCLUSIONES Y CONTRIBUCIONES

Se planteó como principal instrumento de estudio un modelo dinámico de una cadena de suministro que permita el estudio integral de los determinantes e interacciones de los tres flujos principales. Se propuso para tal modelo la incorporación de la variable ciclo de conversión de efectivo o ciclo cash-to-cash (C2C), re-definida para capturar el flujo financiero de combinaciones de producto-cliente en una cadena de suministro. El interés investigativo persistió hasta la determinación de una metodología para la indagación de causas básicas detrás de bajas rotaciones, en sus orígenes primarios enraizados en la administración de operaciones y procesos administrativos de las empresas. El proceso de toma de decisiones y políticas administrativas que gobiernan los anteriores son determinantes en la velocidad de flujo del circulante, y por consiguiente con esta metodología se lograron identificar puntos de apalancamiento financiero del que se desprendieron nuevas y más convenientes políticas.

En consideración a que tales políticas aplican no solo a nivel local (de cada compañía), sino, que en realidad afectan y son afectadas típicamente en una relación de tipo Cliente-Proveedor, se extendió el alcance de la investigación a incorporar a una díada de suministro como el objeto de estudio. Se caracteriza aquí como una cadena de suministro típica, la compuesta por dos instancias empresariales interconectadas con prácticas de negocios basadas en un sistema de empujar (push-based systems). Para efectos de confiabilidad en los resultados y métodos propuestos sobre el ciclo de conversión de dinero, se tomó un caso de estudio compuesto de dos compañías del sector metalmecánico interrelacionadas como Cliente-Proveedor, en las posiciones relativas de Fabricante (PROVEEDOR) y Distribuidor Mayorista (DISTRIBUIDOR) en un sistema de suministro convencional.

Este proyecto comprende una búsqueda exhaustiva alrededor del tema del flujo de caja aplicado a dinámica de sistemas, con el objetivo de aplicar estos conocimientos a un caso de estudio real.

Se partió sobre la identificación del problema y el planteamiento de los objetivos del proyecto. De estos, se procedió a la revisión literaria de estudios sobre dinámica de sistemas relacionados con flujo de caja, esto con el fin de realizar la conceptualización del modelo y plasmar la hipótesis dinámica de la problemática. Una vez determinada la hipótesis dinámica, se realizó la calibración, verificación y optimización del modelo por medio de los datos del caso de estudio, y como resultado final de esta investigación, hacer uso de la herramienta de simulación dinámica para toma de decisiones en múltiples ambientes. En la siguiente tabla se encuentra el resumen de la metodología desarrollada para el análisis formal de los modelos dinámicos.

<b>Implementación</b>	<b>Objetivo</b>
Desarrollo de hipótesis dinámica	Conocimiento de la estructura del problema
Modelación dinámica	Diseñar modelo de simulación de estructuras apoyándose en la hipótesis dinámica
Explicación detallada del modelo	El modelo debe detallarse matemáticamente para confirmar que su modelación no presente incongruencias
Calibración	Calibración estadística para construir confianza en los resultados de la simulación del modelo
Análisis de resultados	La estructura estadística para construir confianza en los resultados de la simulación del modelo
Pruebas extremas	Las pruebas extremas crean una mayor confianza en la estructura del modelo
Análisis de sensibilidad	Análisis de escenarios para cuantificación de políticas y configuraciones
Optimización	Hallar la configuración que presenta la mejor salida para las variables de control establecidas
Políticas de mejora	Traducir la mejor configuración en políticas apropiadas para el sistema específico

En el presente caso de estudio se emplearon los modelos genéricos para inventario y flujo de caja, en este caso en particular se analizaron dos eslabones de una cadena de suministros: una empresa manufacturera (Oc) y un distribuidor (Ox), el cual realiza labores de ensamble en algunos casos, estas empresas pertenecen a la industria de la metalmecánica exactamente la industria de muebles de oficina como sillas o escritorios, sus principales clientes se encuentran en el sector público y privado, como colegios, alcaldías, comercializadoras, industrias entre otros. El distribuidor es cliente casi exclusivo del manufacturero, sin embargo este último tiene múltiples clientes y las transacciones realizadas entre estos dos no son considerablemente significativas para el primero pero si muy importantes para el segundo. Las ventas que se hacen a las entidades públicas se hacen por medio de licitaciones y los pagos se hacen a largo plazo mientras que los de carácter privado son realizados en una fracción en efectivo y otra fracción a crédito, los precios de venta que ofrece el distribuidor varían según el cliente y los precios de venta del manufacturero varían según los volúmenes de venta o las existencias. En esta ocasión se estudiaron 3 productos para (sillas) los cuales son; Ergon Media, Isósceles y Novaiso.

La reconfiguración propuesta a la cadena de suministro arrojó los siguientes resultados para las empresas involucradas

<b>Empresa</b>	<b>Flujo de Caja</b>	<b>C2C Novaiso</b>	<b>C2C Ergon Media</b>	<b>C2C Isósceles</b>
Ofiexport	8%	-51%	23%	60%
Oficaribe	7%	-132%	25%	8%

Lo más relevante de los resultados es que existió mejoría en la mayoría de métricas financieras, exceptuando por la métrica del producto Novaiso: debido a los cambios propuestos en los pronósticos, se generó una mayor utilidad para las empresas pero afectando negativamente a la métrica C2C de este producto. Cabe resaltar que a pesar de la desmejora de la métrica para Novaiso, ésta sigue siendo aún negativa con lo cual el ciclo del dinero de la cadena de suministro sigue a favor de la misma.

Para la cadena de suministro estudiada se le ofrecieron recomendaciones como una mayor inversión en tecnología para el manejo de inventarios y pronósticos, ya que el manejo de los mismos se hace de manera muy rudimentaria y sin acompañamiento de la tecnología. Para Ofiexport se propuso la implementación de revisión periódica para el manejo de inventarios y la implementación de pronósticos de suavización exponencial doble. Para Oficaribe se propuso la implementación de un MLM y un MRP para el manejo de inventarios y la implementación de pronósticos cuantitativos.

Una de las contribuciones de esta investigación consiste en incorporar indicadores C2C disgregados a la simulación de la interrelación de flujos financieros y de operaciones, con el propósito de apalancar una toma de decisiones más certera en cuanto a los objetivos de maximización de circulante. En la actualidad, se reporta en la literatura existencia y aplicación de métricas agregadas que miden el ciclo C2C de las empresas; si bien, tales métricas han servido para dar una idea general sobre la liquidez de las empresas, en su versión tradicional de naturaleza agregada se dificulta identificar claramente los puntos críticos que afectan el comportamiento financiero de las compañías. La aplicación de métricas agregadas no distinguen la importancia y el ciclo C2C que cada producto/familia de producto puede tener de manera individual dentro de los flujos financieros, para así poder identificar estrategias de mejora más específicas. Este trabajo demuestra el valor de uso de métricas desagregadas, el cual se evidencia en los diferentes resultados para los distintos productos estudiados conlleva a distintas políticas para cada uno de ellos.

Se considera también como una contribución la simulación del sistema financiero, que habilita un diagnóstico más preciso de la métrica desgregada, considerando distintas interacciones entre el flujo de materiales y el flujo financiero de los dos eslabones descritos con anterioridad. En la literatura existen varios modelos enfocados a la planeación financiera, integrando aportes como modelos de inventarios, Modelos de Cuentas por Cobrar, Modelos de Cuentas por Pagar, Modelos de inversión, Modelos de Crédito, Modelo de Costos y estados financieros y modelos de sistemas macroeconómicos, pero en la estructura de dichos modelos no se encuentran los bucles de retroalimentación entre los modelos de flujo de materiales y los modelos financieros, con lo cual se pierde esa importante interacción que se busca en los sistemas dinámicos y que éste trabajo aporta.

Una tercera contribución es el método diagnóstico propuesto, que incorpora en forma ecléctica prácticas de reingeniería de procesos y del estado del arte de la simulación dinámica, entre los que se destaca la implementación de técnicas avanzadas de sensibilidad y optimización en modelos dinámicos. Se propone con dicha metodología la consecución de medios para análisis y mejora de resultados empresariales mediante la generación de políticas que contribuyan a mejorar el flujo de caja de las compañías; el presente trabajo contribuye con validar tal método, ilustrando con un caso la mejora de las distintas métricas de la cadena de suministro estudiada.

En el transcurso del desarrollo de la investigación se llegó a la conclusión que una diada en una sola dirección es demasiado limitante para comprender la alta complejidad de los sistemas financieros, para ello es necesario que para el estudio de una única empresa se tenga información completa tanto de clientes como de proveedores, con ellos se podrían modelar comportamientos de los mercados que afectan las demandas y los precios, tanto de compra como de venta. La simulación con subscribers se hace demasiado compleja, y quita flexibilidad al modelo. De este trabajo se aprendió que sería mejor modelar la métrica por proveedor-cliente que por producto. Por lo anteriormente dicho para futuras investigaciones se podría ampliar los límites del modelo para que tanto el comportamiento de los proveedores y los clientes sea

endógeno y no exógeno como se propuso en el presente trabajo. Esto llevaría a un comportamiento más realista del flujo financiero y flujo físico de las empresas a modelar. Otro de los aspectos a mejorar, es la modelación de un flujo financiero mucho más robusto, el cual detalle las distintas etapas de las transacciones financieras, y como estas afectan al resto del sistema. En el proyecto se modelaron empresas que utilizan el sistema push, sería interesante modelar empresas que utilicen otros sistemas como pull o sistemas mixtos para así evaluar el flujo financiero de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Akkermans, H., & van Helden, K. (2002). Vicious and virtuous cycles in ERP implementation: A case study of interrelations between critical success factors. *European Journal of Information Systems*, 11(1), 35-46.
- Angulo, G.; Fonseca, V.; Hernández, J. & Rivera, O (2012). Cash flow simulation: a system dynamics model based on a case of study. Tesis no publicada, Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia.
- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System Dynamics Review*, 12(3), 183-210.
- Bianchi, C. (2002). Introducing SD modelling into planning and control systems to manage SMEs' growth: A learning-oriented perspective. *System Dynamics Review*, 18(3), 315-338.
- Cooper, M. C., & Ellram, L. M. (1993). Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy. *International Journal of Logistics Management*, The, 4(2), 13-24.
- Farris II, M. T., & Hutchison, P. D. (2002). Cash-to-cash: The new supply chain management metric. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 32(4), 288-298.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial dynamics* MIT press Cambridge, MA.
- Forrester, J. W., & Senge, P. M. (1978). *Tests for building confidence in system dynamics models* System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- Homer, J. B., & Hirsch, G. B. (2006). System dynamics modeling for public health: Background and opportunities. *Journal Information*, 96(3)
- Kerr, J. (2006). Streamlining the cash flow. *Supply Chain Management Review*, 10(7), 25-31.
- Kolay, M. (1991). Managing working capital Crises—A system dynamics approach. *Management Decision*, 29(5)
- Lyneis, J., & Pugh, A. (1996). Automated vs. 'hand' calibration of system dynamics models: An experiment with a simple project model. *Proceedings of the 1996 International System Dynamics Conference*, , 42
- Márquez, A. C. (2009). *Dynamic modelling for supply chain management: Dealing with front-end, back-end and integration issues* Springer.
- Oliva, R. (2003). Model calibration as a testing strategy for system dynamics models. *European Journal of Operational Research*, 151(3), 552-568.
- Oliva, R. (2004). Model structure analysis through graph theory: Partition heuristics and feedback structure decomposition. *System Dynamics Review*, 20(4), 313-336.
- Pejic-Bach, M. (2003). Surviving in an environment of financial indiscipline: A case study from a transition country. *System Dynamics Review*, 19(1), 47-74.



- Petrosky-Nadeau, N., & Wasmer, E. (2011). Macroeconomic dynamics in a model of goods, labor and credit market frictions.
- Santonja, J. A., & Álvarez, F. G. (1997). *Dinámica de sistemas*
- Sterman, J. D. (1989). Modeling managerial behavior: Misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment. *Management Science*, 35(3), 321-339.
- Sterman, J. D. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world* Irwin/McGraw-Hill Boston.
- Sterman, J. D., & Sweeney, L. B. (2002). Cloudy skies: Assessing public understanding of global warming. *System Dynamics Review*, 18(2), 207-240.
- Thompson, R. (1986). Understanding cash flow: A system dynamics analysis. *Journal of Small Business Management*, 24(2), 23-30.
- Towill, D. R., Naim, M. M., & Wikner, J. (1992). Industrial dynamics simulation models in the design of supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 22(5), 3-13.
- Wilkinson, A., Hill, M., & Gollan, P. (2001). The sustainability debate. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(12), 1492-1502.
- Yamaguchi, K. (2003). Principle of accounting system dynamics—modeling corporate financial statements—. *Proceedings of the 21st International Conference of the System Dynamics Society*,
- Yamaguchi, K. (2007). Balance of payments and foreign exchange dynamics: Sd macroeconomic modeling (4). *Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society*,
- Yan-Song, C. (2009). Controlling the business growth speed from financial angle of view: Using cash flow system dynamics model. *Database Technology and Applications, 2009 First International Workshop on*, 610-613.
- Yingliang, X., & Linhai, X. (2008). Application of system dynamics to enterprise financial scenario planning. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2008. WiCOM'08. 4th International Conference on*, 1-5.

## ANEXOS

### INFORMACIÓN PARA DETERMINAR LA POLITICA DE PAGOS DE LA EMPRESA MANUFACTURERA

Para determinar la política de cuentas por pagar que se aplicó al modelo de flujo de caja, fue necesario entender el comportamiento de pagos realizados a los principales proveedores, 4 en este caso, se clasificaron todos los pagos según su proveedor y fecha y de esta manera se logró resumir la información como sigue:

DÍAS ENTRE PAGOS						
PROVEEDOR	MEDIA	MEDIANA	DESV	MODA	Deuda promedio	Desviación Deuda prom
Proveedor 1	\$ 28,96	\$ 29,00	\$ 9,96	\$ 28,00	\$ 5.306.179,00	\$ 16.273.755,00
Proveedor 2	\$ 29,70	\$ 32,00	\$ 15,10	\$ 33,00	\$ 3.799.889,00	\$ 16.197.922,00
Proveedor 3	\$ 48,60	\$ 40,00	\$ 31,00	\$ 20,00	\$ 1.563.000,00	\$ 16.049.949,00
Proveedor 4	\$ 14,07	\$ 12,00	\$ 11,37	\$ 2,00	\$ 15.890.375,00	\$ 16.108.280,00
<b>Promedio general</b>	<b>\$ 30,33</b>					

Luego de analizar la tabla se determinó que las deudas se pagan en promedio en 30 días, el proveedor con el que mayor número de transacciones se realizan es el número 1, valor muy cercano a 30 días, sin embargo existe una variación estándar considerable asociada, siendo este el valor que se tomó para modelar la política de cuentas por pagar; los datos de deuda promedio se emplearon para verificar que el repositorio de cuentas por pagar se mantuviera en niveles aceptables.

### INFORMACIÓN PARA DETERMINAR LA POLITICA DE PAGOS DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA

La empresa distribuidora no tenía clara la forma en que se realizaban los pagos a su proveedor, lo que fue necesario explorar una serie de posibilidades para lograr determinar una política que pudiera ser modelada y que correspondiera a la realidad de la empresa. Luego de muchos análisis se pudo determinar que la mejor forma de representar la manera en que se realizaban los pagos era por medio de probabilidades de pagos en intervalos de tiempo, tal como se muestra en las siguientes tablas para cada producto:

CXP ISOSCELES		
Pagos	Cant	Porcentaje
Entre 0 y 3 mese	2	29%
Entre 3 y 4 meses	2	29%

Entre 4 y 5 meses	0	0%
Entre 5 y 6 meses	2	29%
Entre 6 y 8 meses	1	14%
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	

<b>CXP ERGON MEDIA</b>		
<b>Pagos</b>	<b>Cant</b>	<b>Porcentaje</b>
Entre 0 y 3 meses	2	29%
Entre 3 y 4 meses	1	14%
Entre 4 y 5 meses	1	14%
Entre 5 y 6 meses	1	14%
Entre 6 y 8 meses	2	29%
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	

<b>CXP NOVAISO</b>		
<b>Pagos</b>	<b>Cant</b>	<b>Porcentaje</b>
Entre 0 y 3 meses	4	31%
Entre 3 y 4 meses	4	31%
Entre 4 y 5 meses	1	8%
Entre 5 y 6 meses	4	31%
Entre 6 y 8 meses	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>	

Luego de analizar cada producto, se agregaron todos para determinar el comportamiento general.

<b>PAGOS TOTALES</b>		
Entre 0 y 3 meses	10	29%
Entre 3 y 4 meses	9	26%
Entre 4 y 5 meses	2	6%
Entre 5 y 6 meses	9	26%
Entre 6 y 8 meses	5	14%
<b>TOTAL</b>	<b>35</b>	

Finalmente se llegó la conclusión de que los datos agregados o generales, tienen comportamiento similar y por este motivo se decidió asignar estas probabilidades como

valores de referencia para la sección de cuentas por pagar del modelo de flujo de caja de la empresa distribuidora. Sin embargo estos valores fueron calibrados.

### INFORMACIÓN PARA DETERMINAR LA POLITICA DE COBROS DE LA EMPRESA DISTRIBUIDORA

Para determinar la política de pagos de la empresa distribuidora fue necesario analizar la totalidad de los pagos reportados por la empresa y que reposan en su base de datos, de esta manera fue posible hacer un análisis para determinar la probabilidad de que se realizara un pago de manera inmediata o a crédito, posteriormente se determinó la demora promedio de los pagos para conocer que cuentas se pagaban a corto plazo (0-30 días) y cuantas a largo plazo (30-60 días), de igual manera se determinó la probabilidad de que se hiciera un abono para caracterizar el proceso. Los datos que se presentan a continuación corresponden a la silla Ergon Media.

	Número	Probabilidad	Precio
Pago inmediato	13	0,302325581	\$ 103.530
Pago a crédito	30	0,697674419	\$ 135.858
Total	43		

	Demora	Frecuencia	Pr. de ocurrencia total	Pr. de ocurrencia sobre el crédito	Porcentaje de abono	Precio
Promedio 30	5,363	22	0,511627907	0,733333333	54,30%	\$ 143.666
Promedio 90	94,375	8	0,186046512	0,26667	66,98%	\$ 120.173

	Totales	Probabilidad de ocurrencia total	P de ocurrencia sobre el crédito
No abono	17	0,395348837	0,566666667
Abono	13	0,302325581	0,433333333

	Promedio 30	Promedio 90
No abonos	11	6
Abonos	11	2
Total	22	8
Probabilidad Abono	0,5	0,25

### INFORMACIÓN PARA DETERMINAR LA POLITICA DE COBROS DE LA EMPRESA MANUFACTURERA

De la misma manera en que se procedió para el caso de la empresa distribuidora se procedió en este caso, en esta ocasión se presentan las tablas para uno de los productos de modo ilustrativo.

	Número	Probabilidad	Precio
Pago inmediato	320	0,625	\$ 242.160
Pago a crédito	192	0,375	\$ 172.795
Total	512		

	Demora	Frecuencia	Pr. de ocurrencia total	Pr. de ocurrencia sobre el crédito	Porcentaje de abono	Precio
Promedio 30	10,344	119	0,232421875	0,619791667	26,83%	\$ 256.916
Promedio 90	133,219	73	0,142578125	0,38021	42,86%	\$ 247.288

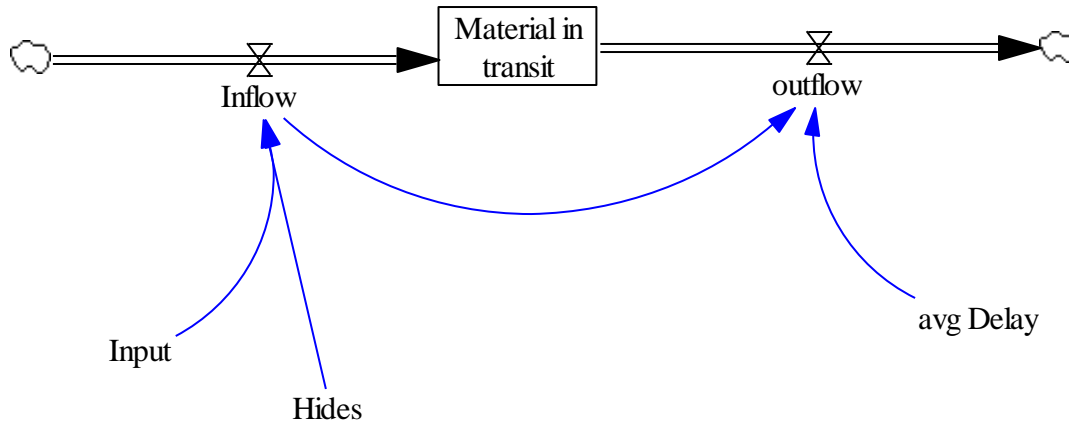
	Totales	Pr. de ocurrencia total	Pr. de ocurrencia sobre el crédito
No abono	0	0	0
Abono	192	0,375	1

	Promedio 30	Promedio 90
No abonos	0	0
Abonos	119	73
Total	119	73
Probabilidad Abono	1	1

## MODELO PRACTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS DEMORAS

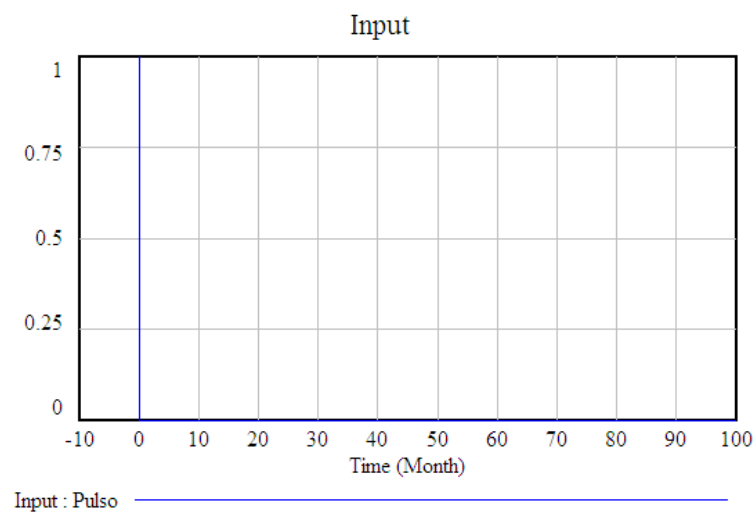
Determinar el orden de las demoras es muy importante, pues estas son quienes gobiernan la variabilidad del tiempo en que transcurre un proceso, entre más alta sea el orden de la demora menor es la variabilidad, convergiendo al valor medio, pero si la demora tiene un bajo orden la variabilidad es bastante alta, para el caso de este proyecto se empleó un modelo practico con entradas de laboratorio como funciones pulso o saltos que simulan la entrada de material, se empleó una función genérica de demora conocida como **Delay N**. A continuación se presentarán en detalle.

## Nst Order Delay



**Input:** Corresponde a la entrada de materiales del modelo, asociado a este se encuentra una función pulso, que tiene un comportamiento no repetitivo para este caso, simplemente genera un impulso en la ordenada hasta el valor de 1, y no presenta ningún corrimiento en la abscisa, dentro de la función se debe definir donde comenzará y cuánto tiempo durará, para este caso, debido al objetivo con el que se ha hecho solo será necesario una sola pulsación sin duración.

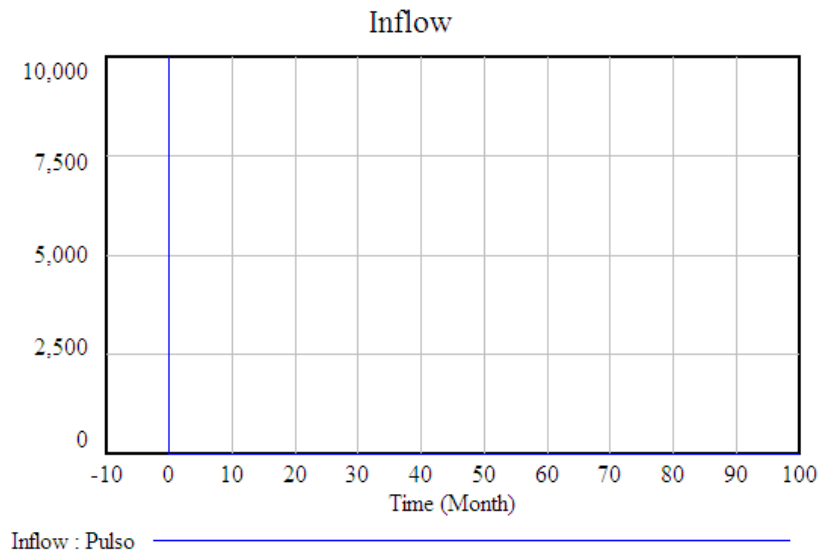
$$Pulse(\text{comienzo}, \text{duración}) = Pulse(0, 0)$$



**Hides:** Esta variable establece la altura a la que se requiere llegar con la función **Pulse**, corresponde entonces a la cantidad de material con que se quiere trabajar, estas cantidades están dadas en unidades. En este caso se usó un valor de 10.000 unidades.

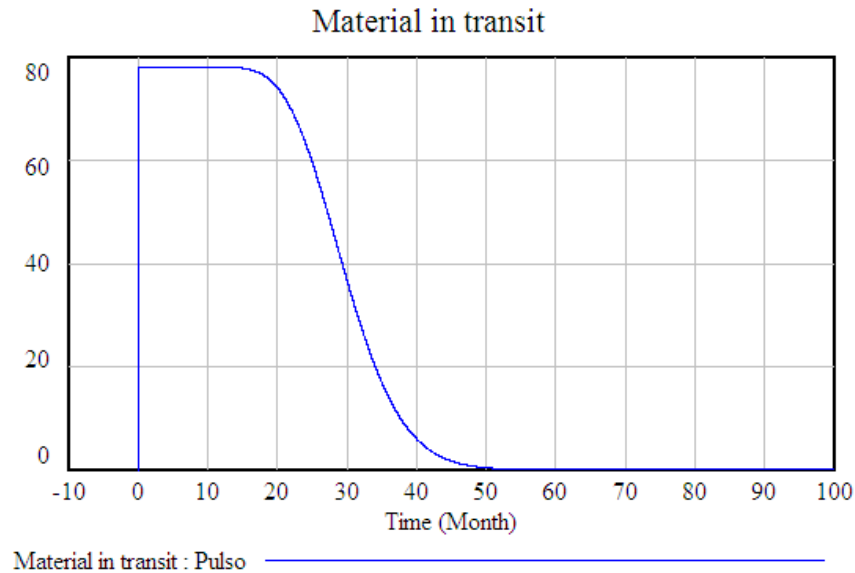
**Inflow:** Corresponde a la variable de flujo que alimenta la variable de nivel de este modelo, en ella confluye la variable Hides e Input, su representación matemática se presenta inmediatamente.

$$Inflow = Input * Hides$$



**Material in transit:** Es la variable de nivel que acumula el material en tránsito, el comportamiento de esta se ve afectado directamente por la tasa en que entran y salen materiales de ella, en este caso solo existe un entrada fija, pero sale material a una tasa que determina la demora asociada.

$$Material\ In\ transit = \int (Inflow - Outflow)dt$$



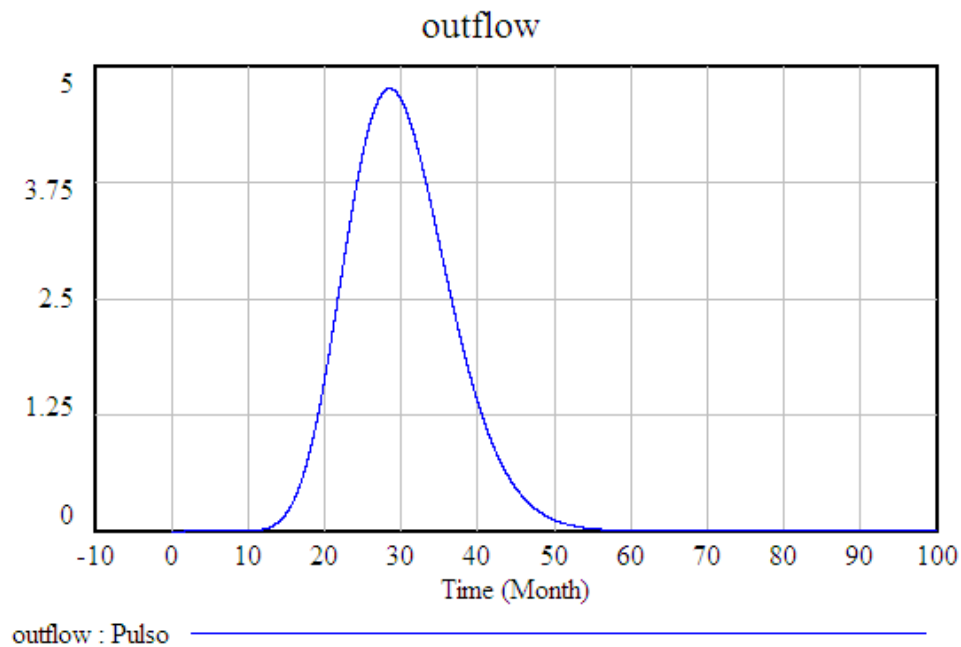
En la anterior grafica se observa la forma en que se evacua este repositorio, se espera que alrededor de 50 días este completamente vacío.

**Outflow:** Corresponde a la variable de flujo que se encarga de descargar el contenido del repositorio mencionado, inmersa en esta, se encuentra la función que modeló las demoras.

$$\begin{aligned}
 &DELAY\ N(entrada, promedio\ de\ la\ demora, inicio, orden) \\
 &= DELAY\ N(Inflow, avg\ Delay, 0, 20)
 \end{aligned}$$

En la función debe ingresarse la variable de entrada del flujo que corresponde en este caso a **Inflow**, el valor medio de la demora asociada, el inicio de esta demora, que en este caso será desde el tiempo cero de simulación y finalmente el orden.



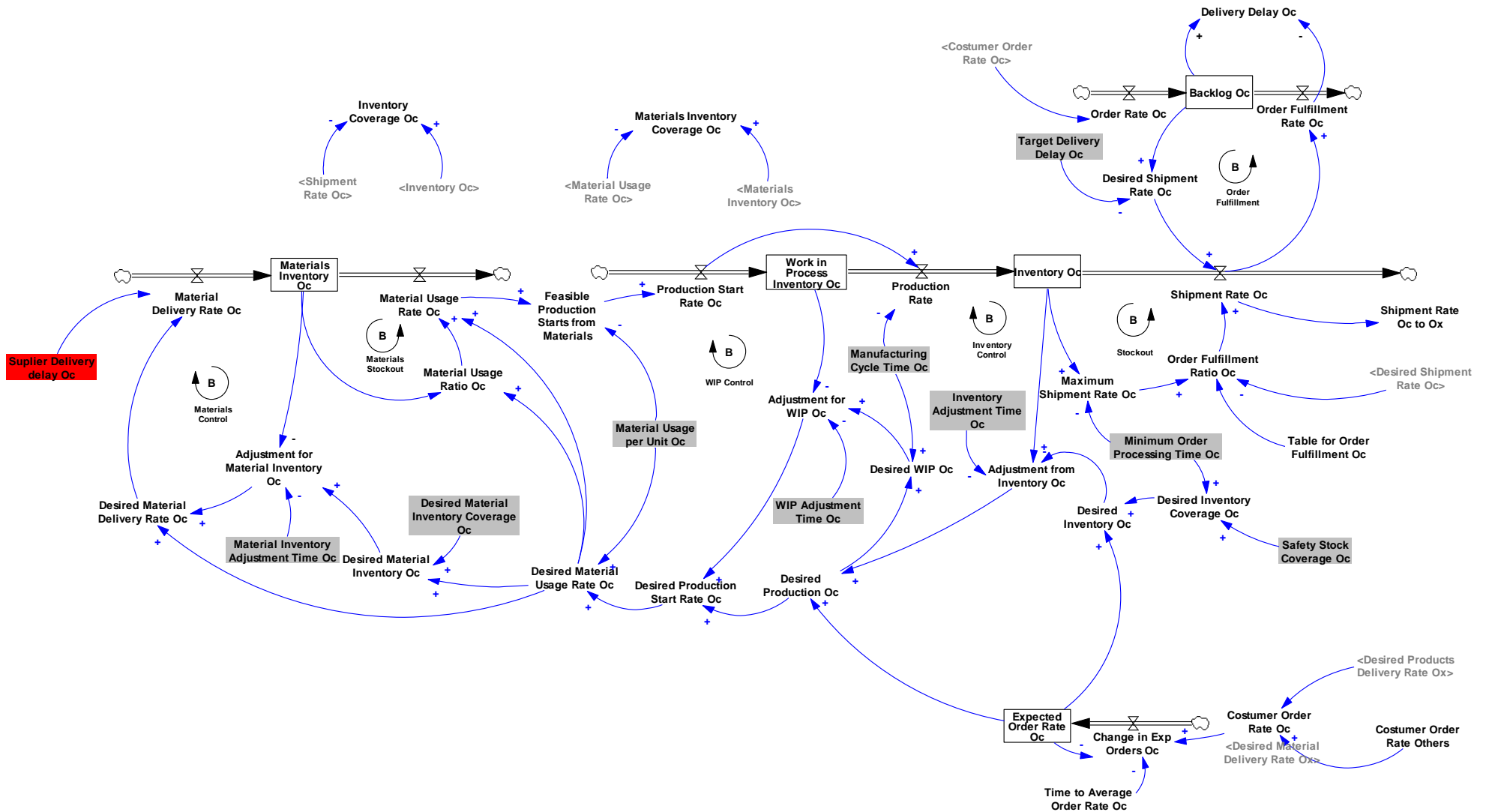


La grafica muestra el comportamiento de la salida de materiales del repositorio, como puede observarse lo datos tienden a un valor medio cercano a 30, que es la media de demora.

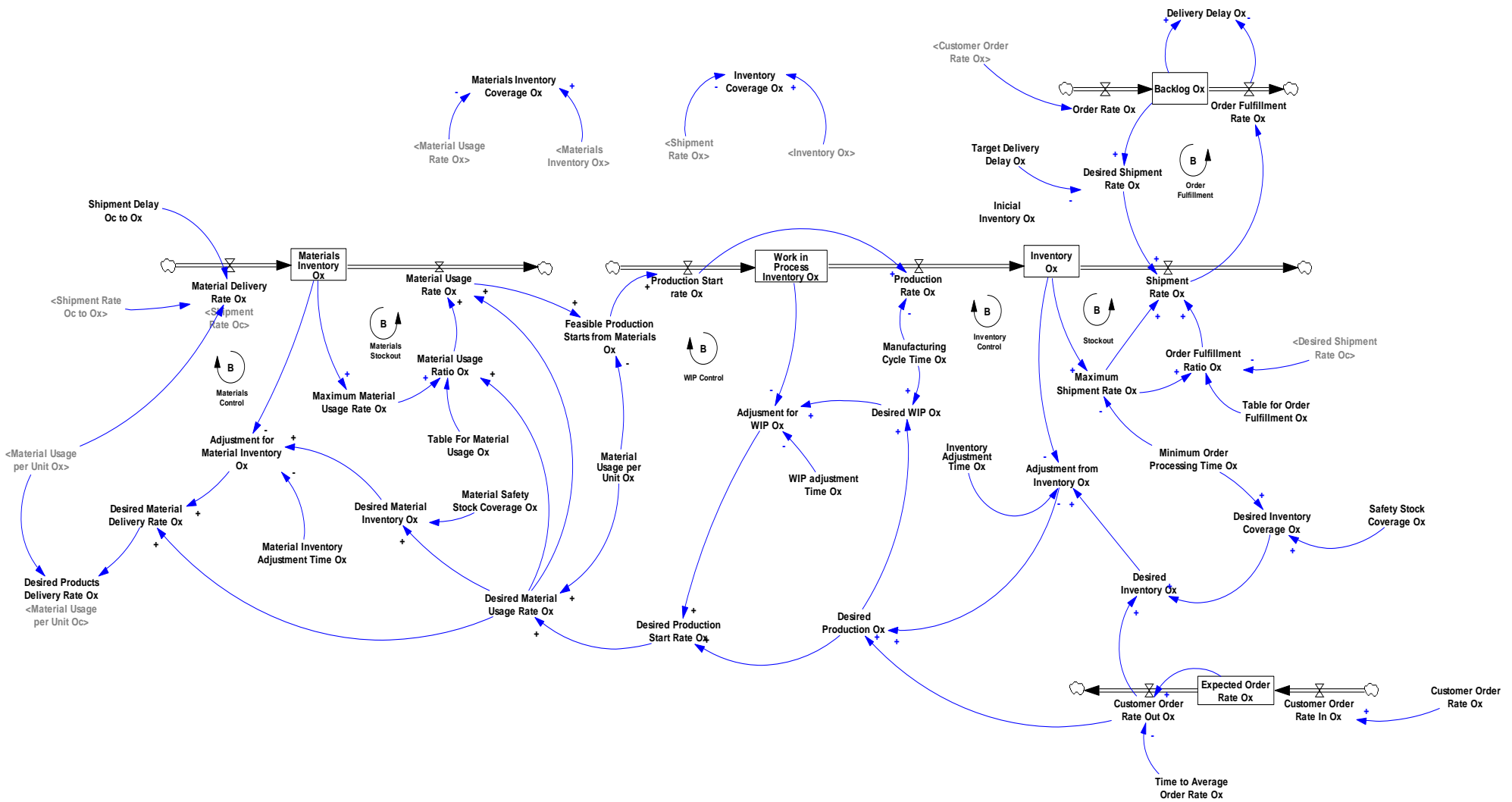
Variando el orden de la función **Delay** se obtienen variaciones en la variabilidad de esta figura similar a una campana de Gauss, el presente caso tiene asociada un orden de 20, si este orden se incrementa se presentará una menor variación y los datos convergerán a 30. Mediante esta metodología se determinaron los órdenes semejantes a la realidad del modelo de estudio de este proyecto.

**Avg Delay:** Esta variable representa el valor medio de la demora. En este ejemplo 30 días

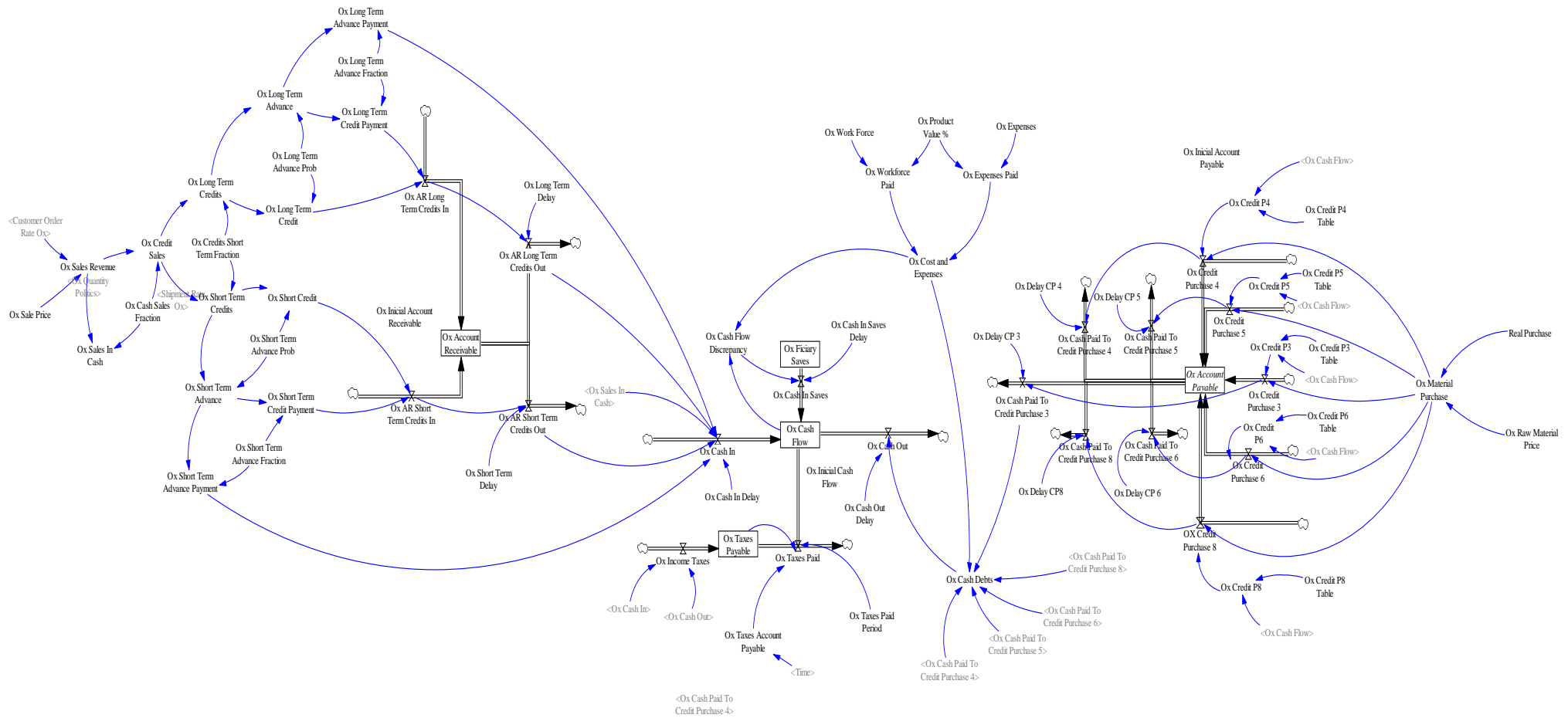
## MODELO COMPLETO DE INVENTARIO EMPRESA MANUFACTURERA



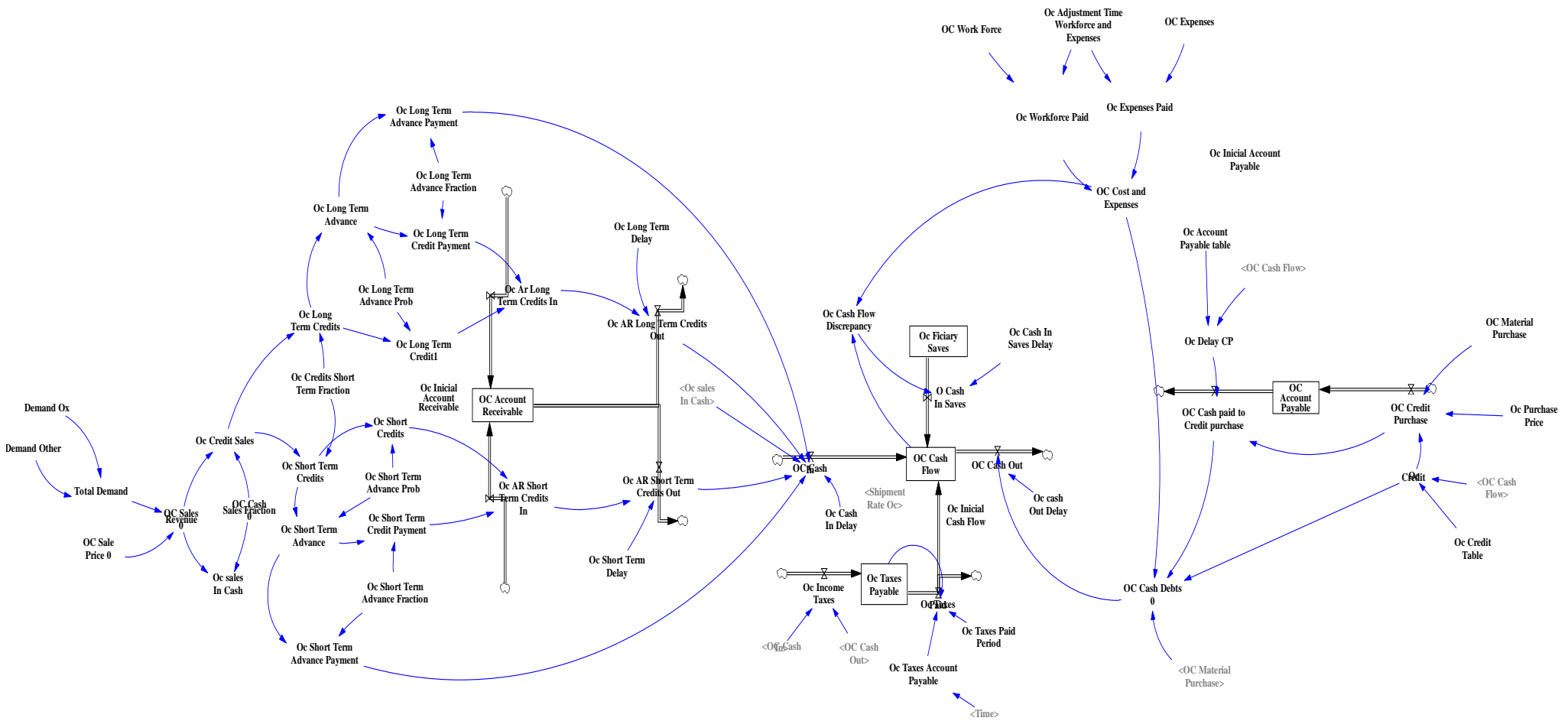
# MODELO COMPLEO DE INVENTARIO EMPRESA DISTRIBUIDORA



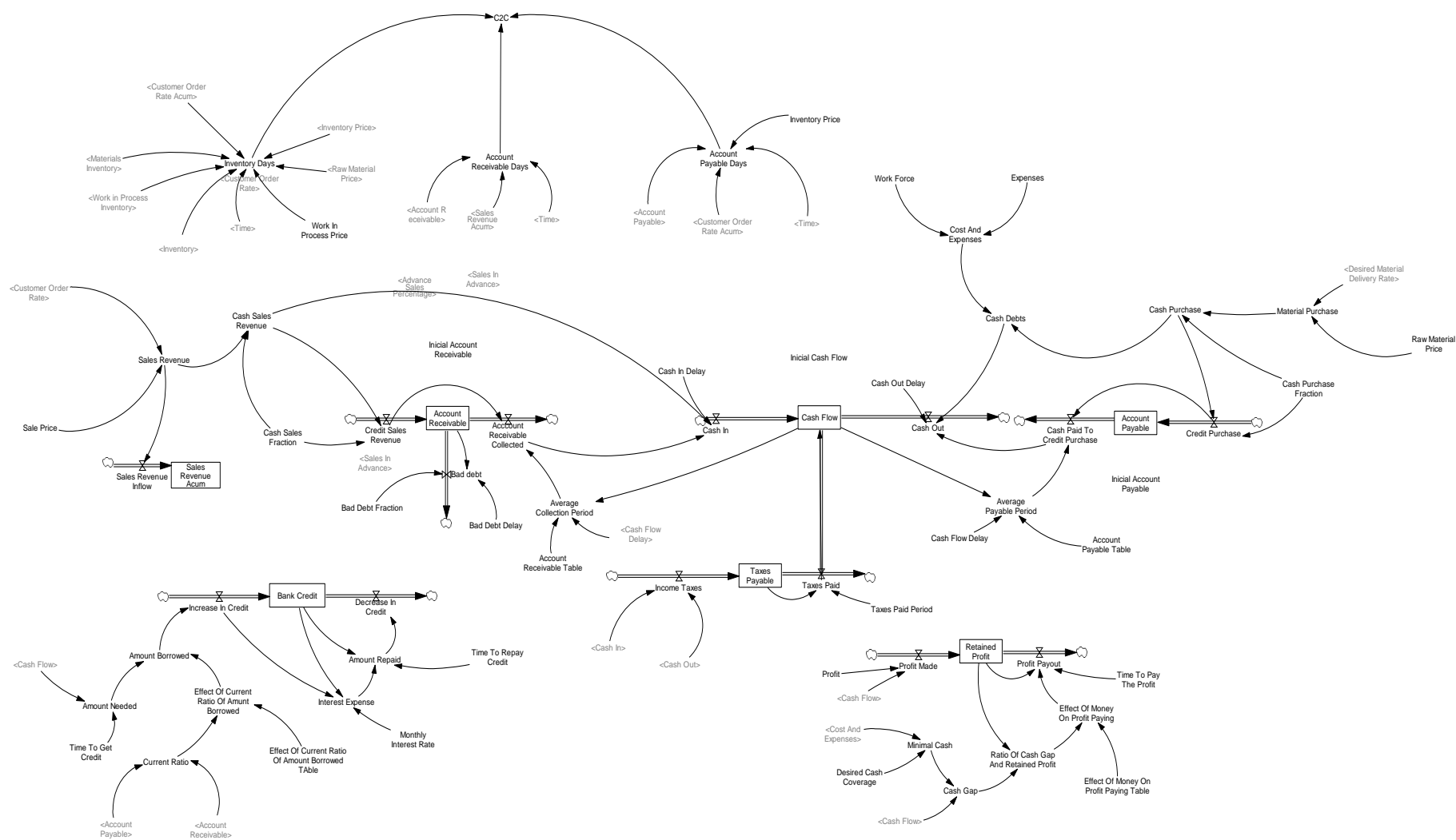
## MODELO COMPLETO DE FLUJO DE CAJA EMPRESA DISTRIBUIDORA



## MODELO DE FLUJO DE CAJA EMPRESA MANUFACTURERA



## MODELO GENERICO DE FLUJO DE CAJA



## MODELO GENERICO DE INVENTARIOS

